

LEVANTE DE GOLDFISH (*Carassius auratus*) EN SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN CERRADA

Fecha de recepción: 24 de mayo de 2011 • Fecha de aceptación: 17 de agosto de 2011

GROWTH OF GOLDFISH (*Carassius auratus*) IN CLOSED RECIRCULATION SYSTEMS

Oscar Martínez Moreno¹ • Edwin Gómez Ramírez • Hernán Hurtado Giraldo Ph.D.^{3,4}

RESUMEN

En este trabajo se evaluó el crecimiento y la supervivencia de alevinos de Goldfish (*Carassius auratus*), cultivados en sistemas de recirculación cerrada. El trabajo se realizó en el Laboratorio de Acuicultura de la Facultad de Ciencias de la Universidad Militar Nueva Granada, en el Campus Rio Grande, Cajicá, Cundinamarca. Se evaluaron tres densidades de siembra (40, 70 y 100 peces/sistema) con dos repeticiones por montaje. Cada sistema incluía un tanque de peces de 250 l, con un biofiltro con grava de 80 l, una bomba de agua de 1000 l/h y un aireador de 2500 cm³/minuto. Los peces se alimentaron con truchina[®] 45% ajustada al 5% de la biomasa. Se tomaron datos quincenales de pH, amonio, nitrito, nitrato y temperatura del agua, y datos mensuales de peso, longitud estándar y total de los peces. Estos sistemas se siguieron durante cuatro meses. Al finalizar este cultivo, se realizó otro montaje en condiciones similares, pero con un grupo diferente de peces. Los datos obtenidos indican que para las tres densidades evaluadas hubo un crecimiento similar aunque lento para las variables de peso y longitud: en el primero experimento el grupo de 40 peces/sistema pasó de 2.26 g en promedio de peso a 2.75 g; el grupo de 70 peces/sistema paso de 2.49 g a 3.45 g y el de 100 peces/sistema pasó de 2,89 g a 3,53 g. En el segundo experimento estos valores fueron de 3,45 g a 4,69 g, 3,1 g a 4,56 g, y de 3,12 g a 4,23 g respectivamente. En cuanto a la longitud total, los valores para el primer experimento fueron de 5,16 cm a 5,49 cm, 4,67 cm a 5,72 cm, y de 4,78 cm a 5,16 cm respectivamente. Para el segundo experimento estos valores fueron de 6.05 cm a 6,53 cm, 5,52 a 6,64 cm, y de 6,10 a 6,66 cm respectivamente. Estos bajos crecimientos probablemente se debieron a la temperatura del agua. Así mismo, se presentó una buena supervivencia entre 90-92% para todos los sistemas. Los parámetros de calidad del agua se mantuvieron en general dentro de los rangos establecidos para esta especie. Este trabajo indica que se puede cultivar esta especie en una densidad elevada, en sistemas de sencilla construcción y manejo, convirtiéndose en una alternativa para el levante de goldfish (*C. auratus*).

Palabras clave: piscicultura, acuicultura urbana, peces ornamentales, sostenibilidad

- 1 Estudiante Programa de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Militar Nueva Granada
- 2 Biólogo, Esp. cMSc, Asistente de Investigación Grupo de Ictiología, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Militar Nueva Granada
- 3 Docente, Director Grupo de Ictiología, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Militar Nueva Granada
- 4 Autores para correspondencia: hernan.hurtado@unimilitar.edu.co, edwin.gomez@unimilitar.edu.co

ABSTRACT

Growth and survival of Goldfish (*Carassius auratus*) fry, maintained on closed recirculation systems were evaluated in this work, looking for the effect of different stocking densities on these parameters. The evaluation was carried out on the Aquaculture Laboratory, at the Basic Sciences Faculty, Nueva Granada Military University, Campus Rio Grande, Cajicá, Cundinamarca. Groups of 40, 70 and 100 fishes/system were reared, with two systems / stock density. Each system included a 250 l fish tank, a 80 l biofilter with gravel, a 1000 l/h water pump, and a 2500 cm³/minute air pump. Fishes were feed with 45% truchina[®] adjusted to 5% of total biomass. pH, ammonia, nitrite, nitrate, and water temperature values were taken every 15 days. Fish weight, standard length and total length were taken monthly. The systems were maintained four months. After this time, another identical experiment was made, with a different batch of fishes. All data obtained shows that a 90-92% survival level was present on all stock densities, and a small increase on fish weight, standard length and total length. In the first experiment, the 40 fishes/ system group goes from 2.26 g in mean weight to 2.75 g; the 70 fishes/ system group goes from 2.49 g to 3.45 g and the 100 fishes/system group goes from 2,89 g to 3,53 g. In the second experiment these values were of 3,45 to a 4,69 g, 3,1 g to 4,56 g, and 3,12 g to 4,23 g respectively. For total length, values for the first experiment were of 5,16 cm to 5,49 cm, 4,67 cm to 5,72 cm, and 4,78 cm to 5,16 cm respectively. For the second experiment, total length values were of 6.05 cm to 6,53 cm, 5,52 to 6,64 cm, and of 6,10 to 6,66 cm respectively. Water quality parameters were kept on the normal range for this species. According to these results, goldfish (*C. auratus*) may be cultured at a high stock density, in a simple, easy to buyilt and use system, that may be proposed as an alternative for goldfish (*C. auratus*) rearing.

Key words: fish culture, urban aquaculture, ornamental fishes, sustainability

INTRODUCCIÓN

La cantidad de agua de buena calidad es cada vez menos abundante, tanto a nivel mundial, como en nuestro país, a pesar de ser éste considerado como una potencia hídrica a nivel internacional. A esto se añade el costo de la tierra, y el hecho que cada vez se hace más evidente que las actividades de piscicultura deben tener en cuenta los niveles de contaminación que producen en las aguas que utilizan (Colciencias, 2000; Wurts, 2000; Bushman y Pizarro, 2001; Salazar, 2002). Adicionalmente, con frecuencia las aguas de buena calidad para el cultivo de peces (buena oxigenación, buen caudal, agua no contaminada) se encuentran alejadas de los centros

de comercio (Timmons et al, 1995), generando sobrecostos por el transporte de insumos y productos.

Todos estos hechos hacen pertinente desarrollar sistemas de cultivo diseñados a relativamente bajo costo, ahorrando el recurso hídrico, obteniendo mayor rendimiento por volumen de agua y que puedan ser instalados cerca de los centros de comercio (o incluso en ellos). En ese sentido el Grupo de Ictiología de la Universidad Militar Nueva Granada viene adelantando investigaciones en sistemas cerrados de recirculación con varias especies de peces de consumo y ornamentales (Montaña et al, 2005; Leal et al, 2007; Rodríguez et al, 2007; Hernández, Gómez y Hurtado, 2010)

Importancia económica de los peces ornamentales

El mercado de los peces ornamentales a nivel global es de gran magnitud (Bailey y Burgess, 2000; Chapman, 2000; Ghosh et al, 2003). Tomando como ejemplo el caso de los Estados Unidos (el mayor mercado y el más cercano para Colombia), se calculó que en el año 2000 la industria de la acuicultura movió alrededor de mil millones de dólares, de los cuales 300 millones estaban representados en peces y plantas. De este monto, buena parte fue importada debido a que la producción de ornamentales en ese país fue de unos 41.3 millones de dólares en 2003 (Harvey, 2004). Aunque las importaciones no han seguido creciendo, de todas formas representa un mercado en el cual Colombia puede competir si se logra tecnificar los sistemas de cultivo y generar productos de buena calidad, en gran número y a un costo competitivo.

Es importante añadir que la gran mayoría de los peces ornamentales importados por Estados Unidos provienen del sudeste asiático (Harvey, 2004) lo cual podría indicar que la cercanía geográfica de Colombia constituye una ventaja al disminuir costos y tiempo de transporte de los peces. Adicionalmente, en el mercado colombiano, *C. auratus* es uno de los peces de mayor aceptación, encontrándose en todas las tiendas que comercian con peces ornamentales,

enfaticando nuevamente la importancia del diseño, montaje y prueba de sistemas de cultivo sencillos, bajo techo y que no utilicen grandes cantidades de agua, pero que al mismo tiempo permitan una producción importante de peces.

C. auratus en sus distintas variedades, es uno de los peces de acuario más comunes en el mundo (Tamaru y Ako, 1999; Chapman, 2000; Hill y Yanong, 2002; Gosh et al, 2003;). En Colombia se cultiva principalmente en el Valle, el Eje Cafetero, los Llanos Orientales y Antioquia, aunque no parecen abastecer completamente la demanda del mercado nacional. Por otro lado, su cultivo se realiza principalmente en sistemas tradicionales de estanques en tierra con flujo continuo de agua proveniente de cuerpos de agua naturales (Landines et al, 2007) lo que implica un mayor gasto de agua para su levante. Adicionalmente se plantea que en estos sistemas se aumenta las tasas de predación y es más difícil el control de parásitos y enfermedades.

Acuicultura en sistemas de recirculación

Estos sistemas se están estudiando y utilizando especialmente para el cultivo de peces, tanto marinos como de agua dulce (Colt, 1991; Ebeling et al, 1995; Ji et al, 1997; McGee y Chichra, 2000). Estos sistemas están diseñados para minimizar la dependencia de una fuente de agua externa para

Con el fin de iniciar un proceso de optimización de los sistemas de recirculación diseñados por el grupo de Ictiología se planteó en este trabajo evaluar el crecimiento de *C. auratus* en sistemas cerrados de recirculación a tres diferentes densidades de siembra.

recambio permanente en las unidades de cultivo, además de permitir un grado de limpieza mayor de las aguas y mantener lo más estable posible los parámetros fisicoquímicos del agua. Deben cumplir varias funciones: aireación, remoción de partículas sólidas, remoción de amonio y nitrito, regulación del pH, regulación de la dureza y control de temperatura (Colt, 1991; Ebeling et al, 1995). Adicional al ahorro de agua, en los sistemas de recirculación se puede lograr un bajo requerimiento de tierra e independencia del clima ya que puede montarse en recintos cerrados; se puede manejar con más facilidad el tratamiento de algunas enfermedades; otra ventaja es la reducción de la cantidad de desechos y la posibilidad del tratamiento de los mismos directamente en los sistemas (Zarski et al, 2010). Sin embargo suelen representar un mayor costo, especialmente en sistemas intensivos y superintensivos altamente sofisticados, tienen una total dependencia de la energía eléctrica (Masser et al, 1999). Sin embargo se pueden lograr niveles de producción importantes con sistemas que no son tan altamente tecnificados alrededor de 25 kg/m³ de carpa común en sistemas derivados de los descritos en este trabajo. (Hurtado et al, 2010).

Efectos de la densidad de cultivo sobre el crecimiento

La cantidad de peces presentes en un sistema de cultivo puede afectar el crecimiento de estos organismos por varios mecanismos: competencia por la disponibilidad de alimento, efectos metabólicos debido a la acumulación de desechos tóxicos tipo amonio y nitritos, disminución en los niveles de pH, disminución de los niveles de oxígeno, incremento en el estrés (EIFAC, 1994, Evans, 1997). La biomasa siempre se incrementa en relación con la densidad: cuando la densidad es baja el incremento en biomasa es proporcionalmente mayor, pero disminuye

al aumentar la densidad ocasionando también un incremento en la mortalidad (EIFAC, 1994). Merino et al. (2007) afirman que el aumento en la densidad de siembra puede generar tanto efectos positivos como negativos, pero esto es un proceso especie específico, por lo cual es importante evaluar el efecto de la densidad por cada especie. Lo ideal es poder obtener la mayor cantidad de individuos de tamaño comercial, con un aumento en peso y longitud en el menor tiempo posible, manteniendo condiciones fisicoquímicas lo más estable en los sistemas de recirculación.

Con el fin de iniciar un proceso de optimización de los sistemas de recirculación diseñados por el grupo de Ictiología se planteó en este trabajo evaluar el crecimiento de *C. auratus* en sistemas cerrados de recirculación a tres diferentes densidades de siembra. Se definió el crecimiento en talla y peso y se calcularon los índices de supervivencia de esta especie para tres diferentes densidades de siembra.

MATERIALES Y MÉTODOS

Montaje de sistemas de recirculación

Este trabajo se realizó en el Laboratorio de Acuicultura de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Militar Nueva Granada, en el Campus Rio Grande, Cajicá, Cundinamarca. Para el montaje de los sistemas de recirculación se utilizó un diseño adaptado de sistemas propuestos en la literatura (Ebeling et al, 1995; Johnson y Wardlow, 1997; Diver, 2000; Woods, 2000; Montaña et al, 2005; Leal et al, 2007; Hernández, Gómez y Hurtado, 2010). Los peces se mantuvieron en un tanque bajo Colempaques® de 250 litros, que se lavó varias veces con agua. Un tanque plástico de 80 litros se utilizó como biofiltro. Se colocó al mismo nivel del tanque de peces, se llenó hasta las $\frac{3}{4}$ partes con grava de 2 a 5 cm de diámetro. Los tanques de peces y el

biofiltro se conectaron entre sí en la parte inferior con tubería PVC de 1 pulgada, colocando una llave de bola entre los tanques para controlar el paso de agua para efectos de limpieza de los biofiltros. Para mantener el flujo de agua del tanque de peces hacia el biofiltro se utilizó una bomba Resun® con una tasa de flujo de 16.6 litros/minuto. Adicionalmente se colocó un aireador de doble salida Resun® de 2500 cm³/minuto con piedras difusoras, que sirvió para airear el tanque de los peces. Se debe enfatizar en que no se utilizó ningún tipo de calefacción en estos sistemas.

Condiciones de cultivo

Se utilizaron ejemplares de *C. auratus* que se adquirieron a proveedores especializados teniendo

en cuenta que los peces no presentarán aletas en mal estado, nadado errático, manchas algodonosas, tendencia a frotarse con piedras u otros objetos, ojos opacos y lesiones externas (Ostrow, 1995). Los animales utilizados fueron manejados de acuerdo con lo establecido por los cánones de la ética en la experimentación animal (International Council for Laboratory Animal Science, 1997). Debe aclararse, que aunque *C. auratus* una especie foránea, al ser mantenida en sistemas cerrados de recirculación, no existió riesgo alguno de llegada de los individuos a cursos de agua naturales. Estos peces se colocaron en dos sistemas de recirculación de 500 l durante un mes para efectos de cuarentena. Al transcurrir este tiempo los peces se colocaron en los tanques de 250 litros, y se mantuvieron las condiciones descritas en la Tabla 1.

Parámetro	Valor
pH del agua	6.0-7.5
Fotoperiodo	12 horas luz: 12 horas oscuridad
Temperatura del agua de los sistemas	18-20 °C
Amonio	menor de 2 mg / l
Nitrito	menor de 1 mg / l
Nitrato	Hasta 100 mg/l
Densidad de siembra	Ver Grupos Experimentales
Concentrado	Truchina 45%® de proteína bruta
Alimentación	5% de la masa corporal/día.

Tabla 1. Condiciones para el cultivo de *C. auratus*

Para el mantenimiento de las condiciones físico-químicas del agua se realizaban recambios parciales de agua (cambio de $\frac{1}{4}$ partes del volumen total de agua del sistema cada 15 días), y aplicación de bicarbonato de sodio a razón de 1 g/l.

Grupos experimentales

Se utilizaron seis sistemas de recirculación (tres tratamientos con dos repeticiones):

Tratamiento 1. 40 peces por sistema

Tratamiento 2. 70 peces por sistema

Tratamiento 3. 100 peces por sistema

A los cultivos de peces se les realizó un seguimiento durante cuatro meses, culminado este tiempo, se inició un nuevo experimento bajo las mismas condiciones, con otro grupo de ejemplares del mismo rango de talla y peso (Tabla 2).

Registro de datos de los sistemas de recirculación.

Cada 15 días se registraban las variables físico-químicas como; temperatura (termómetro Brand -150-250 °C), pH (potenciómetro), amonio, nitritos y nitratos. (kits comerciales Tetra® basados en métodos colorimétricos). Mensualmente se tomaron 20 individuos al azar de cada sistema y se midió longitud estándar, longitud total, y peso. También se obtuvo la supervivencia en cada sistema (Deza et al, 2002)

Análisis de datos

Se llevó a cabo una prueba de Shapiro-Wilk para determinar si los datos de peso y longitud obtenidos presentaban una distribución normal. Al detectar que los datos fueron normales se llevo a cabo un análisis de varianza (ANOVA) de una via y si se encontraron diferencias significativas de llevo a cabo una prueba a posteriori tipo Tukey para determinar si había diferencia entre los tratamientos en cada periodo de muestreo para cada una de las variables evaluadas con un nivel de significancia del 5% ($P < 0.05$ error tipo I) (Zar, 1999). Se utilizó el software R versión 2.7.1 de libre distribución en internet (<http://www.r-project.org/>)

RESULTADOS

Variables físicoquímicas.

Los valores de los parámetros físicoquímicos se ilustran en las tablas 2 y 3. La temperatura promedio a lo largo del primer experimento fue de 18.1 ± 0.3 °C y el pH 6.5 ± 0.7 , En el segundo experimento la temperatura se mantuvo a de 18.0 ± 0.13 °C y el pH 6.8 ± 0.4 . Cuando el pH estaba cercano a 6 se realizaron cambios de agua y adicionaba bicarbonato de sodio (1gr/l). En ambos experimentos los niveles de amonio se mantuvieron en general menores a 1 mg/l. En el caso de subir de ese valor estos niveles fueron controlados con recambios de $\frac{1}{4}$ del volumen total de agua. Los niveles de nitritos se mantuvieron estables (en general en un rango de 0.1-0.4 mg/l) con un valor máximo de 0.7 mg /l. Este aumento se reportó para la densidad de 40-A en el muestreo 3. Los niveles de nitrato se mantuvieron en un rango de 20-80 mg/l en ambos experimentos.

Crecimiento y supervivencia de los peces

Las pruebas de Shapiro Wilk mostraron que los datos presentaban una distribución normal. El ANOVA y prueba de Tukey mostró que los peces aumentaron tanto de peso como en longitud en todas las densidades, (40, 70 y 100) en los dos experimentos realizados (Tabla 4). La supervivencia también fue alta en todos los casos (Tabla 4). No se encontraron diferencias entre los tratamientos.

Parámetro	Experimento	Peces	Muestreo			
			1	2	3	4
P	1	40	2.26 + 1.09	2.63 + 1.56	2.41 + 0.95	2.75 + 1.10
		70	2.49 + 0.78	2.80 + 0.75	3.03 + 0.55	3.43 + 0.68
		100	2.89 + 0.88	3.02 + 0.91	3.14 + 0.79	3.53 + 0.86
	2	40	3.45 + 0.22	3.79 + 0.26	4.49 + 0.46	4.69 + 0.44
		70	3.10 + 0.32	3.62 + 0.48	4.28 + 0.50	4.56 + 0.46
		100	3.12 + 0.32	3.30 + 0.32	3.99 + 0.62	4.23 + 0.43
LS	1	40	3.48 + 0.52	3.64 + 0.63	3.87 + 0.71	3.79 + 0.55
		70	3.29 + 0.43	3.37 + 0.39	3.45 + 0.36	3.70 + 0.48
		100	3.36 + 0.51	3.38 + 0.60	3.40 + 0.58	3.60 + 0.57
	2	40	4.17 + 0.30	4.40 + 0.35	4.64 + 0.33	4.97 + 0.52
		70	4.07 + 0.35	4.38 + 0.42	4.53 + 0.57	4.93 + 0.62
		100	4.07 + 0.52	4.27 + 0.37	4.29 + 0.55	4.71 + 0.68
LT	1	40	5.16 + 0.68	5.25 + 0.86	5.30 + 0.99	5.49 + 0.93
		70	4.67 + 0.60	4.71 + 0.56	4.91 + 0.63	5.22 + 0.80
		100	4.78 + 0.70	4.85 + 0.76	4.90 + 0.78	5.16 + 0.65
	2	40	6.05 + 0.49	6.02 + 0.36	6.34 + 0.37	6.53 + 0.40
		70	5.52 + 0.69	6.28 + 0.42	6.54 + 0.40	6.64 + 0.52
		100	6.10 + 0.52	6.26 + 0.42	6.37 + 0.36	6.66 + 0.55
S	1	40	90			
		70	92.8			
		100	90			
	2	40	92.5			
		70	90			
		100	92			

Tabla 4. Valores de peso en gramos (P), longitud estándar en cm (LS), longitud total en cm (LT) y de supervivencia en % (S) de los individuos. Para los tres parámetros se ilustra la media \pm desviación estándar

DISCUSIÓN

Parámetros fisicoquímicos

La densidad de siembra es uno de los factores determinantes en el manejo de los sistemas de recirculación. En teoría, a mayor densidad es posible una mayor ganancia económica. Sin embargo, un aumento en la cantidad de peces en el sistema puede afectar los niveles de las variables fisicoquímicas, disminuyendo la calidad del agua del sistema. En términos generales, los sistemas de recirculación utilizados mostraron niveles de fisicoquímicos estables en las tres densidades estudiadas. La mayoría de los valores de los parámetros fisicoquímicos registrados (amonio, nitrito, nitrato, temperatura), se mantuvieron en valores considerados como adecuados para *C. auratus*, y no alcanzaron rangos que se consideraran peligrosos para la especie (Smartt y Bundell 1996). Lo anterior indica que los sistemas diseñados y evaluados en esta investigación son adecuados, e incluso pudieron haber soportado una mayor densidad de peces. Contrariamente, los niveles de pH se mantuvieron por debajo de los parámetros óptimos en los dos ensayos, sin embargo la adición de bicarbonato de sodio a una proporción de 1 g/l, como mecanismo para elevar gradualmente el pH, ayudó a regular estos niveles que estaban en rangos ácidos, para elevarlos un poco. Mantener los niveles de pH es de gran importancia pues inciden significativamente en el comportamiento de las colonias bacterianas responsables de los procesos de nitrificación (Timmons et al, 2002). Aunque algunos autores reportan baja en la actividad de las bacterias a valores de pH menores a 7 (Chen y Jian. 2006), es claro que en este trabajo la nitrificación si ocurrió, como lo demuestran los niveles de nitrato registrados. Algo similar se observó en trabajos anteriores del grupo (Ramírez et al, 2009; Hernández, Gómez y Hurtado, 2010).

En cuanto a la temperatura registrada en los experimentos estuvo siempre en los rangos tolerables para la especie (15 – 34 °C) aunque la temperatura promedio a lo largo de todo el experimento fue más baja que lo reportado para un óptimo crecimiento del goldfish (*C. auratus*) la cual es de 20-24 °C (Smartt y Bundell, 1996). Este hecho puede explicar en parte el bajo crecimiento registrado por los peces, al disminuir el metabolismo (Chapman, 2000).

El efecto de la temperatura en el crecimiento de peces ha sido ampliamente documentado; Fonds et al, (1995) para *Paralichthys olivaceus*, Kausar y Salim (2006) para *Labeo rohita*, Fu-Guang et al, (2009) para el híbrido de *Morone saxatilis* × *M. chrysops*, demostrando que la temperatura del agua afecta la temperatura corporal, la ingesta de alimento, la tasa de crecimiento y el factor de conversión alimenticia entre otros procesos fisiológicos del organismo. Sin embargo, Buckel et al, (1995) reportan que es la interacción entre la temperatura y el tamaño corporal lo que afecta significativamente el consumo de alimento y crecimiento de los peces. Esto puede ser sustentado por un trabajo previo realizado por el grupo de Ictiología de la Universidad Militar, en el cual se evaluaron las preferencias térmicas del goldfish (*C. auratus*) en función del tamaño corporal. En dicho trabajo se encontró que los peces pequeños (7-8 cm LT) prefieren temperaturas entre 24-26 °C, los peces medianos (10 cm LT) entre 20-23°C y los peces grandes (12-13 cm LT) entre 16-19°C. Estos hallazgos pueden ser explicados por la relación área/volumen, en la cual los peces y en general los organismos más pequeños o de menor volumen tienen comparativamente mayor área expuesta que organismos grandes o de mayor volumen, esto hace que los primeros sean más susceptibles a los cambios ambientales y por lo tanto busquen temperaturas elevadas para llevar a cabo los procesos metabólicos. Por tal motivo, consideramos que la temperatura fue la variable más determinante en el lento crecimiento

presentado por los peces, pues los otros parámetros fisicoquímicos estuvieron entre los rangos adecuados para el crecimiento de la especie. Esto también puede relacionarse con una disminución de la tasa metabólica debido a la baja temperatura

Crecimiento y supervivencia de los peces

En los dos experimentos que se llevaron a cabo se encontró un comportamiento similar:

- Los peces crecieron (tanto para peso como para longitud estándar y total).
- Este crecimiento fue similar en las tres densidades de siembra utilizadas ($p > 0.05$).
- La cinética de crecimiento fue baja
- El porcentaje de supervivencia fue elevado

Por lo tanto, y a partir de estos resultados, se puede plantear dos elementos muy importantes:

- Los sistemas cerrados de recirculación utilizados son igualmente eficientes en cada una de las densidades evaluadas: 40, 70, y 100 peces/tanque. Es decir que la capacidad de biofiltración, la remoción de sólidos, el nivel de recambio, y los ajustes de pH con bicarbonato de sodio permitieron una adecuada supervivencia de los peces independientemente de la densidad. Al sumar esto al buen comportamiento

de los parámetros fisicoquímicos en los sistemas de recirculación, es posible suponer que los sistemas no han alcanzado su carga máxima y que por lo tanto podría incrementarse la densidad de siembra y tener más peces, o mayor biomasa en estos sistemas. Otra posibilidad es mejorar los sistemas de biofiltros, y remoción de sólidos, para incrementar aún más la capacidad de carga (Tanveer et al, 2010). De hecho, cuando se realizaron dichas mejoras en los sistemas del mismo volumen, se obtuvo alrededor de 5 kg de carpa común (*Cyprinus carpio*), la cual es una especie perteneciente a la misma familia del goldfish (*C. auratus*) Ciprinidae y presenta requerimientos similares en calidad de agua y alimentación (Carrascal, 2011). Además si se toma como tamaño comercial un goldfish (*C. auratus*) de 50 g, y se extrapolan esos datos, podría tenerse en estos sistemas los mismos 100 goldfish (*C. auratus*), pero llevándolos hasta una talla mucho mayor. Algo similar se presentó con tiburoncito (*Ariopsis seemanni*), en este trabajo se inicio con individuos de 3g de peso promedio y 5 cm de longitud total, se manejo una densidad de siembra relativamente alta de 1 pez/2.5L (100 individuos/tanque de 250 L) los cuales fueron alimentados con Truchina al 45% de proteína bruta (PB) por un periodo de cuatro meses, tiempo en el cual

En cuanto a la temperatura registrada en los experimentos estuvo siempre en los rangos tolerables para la especie (15 – 34 °C) aunque la temperatura promedio a lo largo de todo el experimento fue más baja que lo reportado para un óptimo crecimiento del goldfish

los peces alcanzaron un peso promedio de 17 g y una longitud total de 20 cm (Hurtado et al, 2008).

- El crecimiento registrado es pequeño comparado con lo que se reporta para goldfish (*C. auratus*) (Leal et al, 2007). Un mejor crecimiento en esta especie requiere aumentar la temperatura de los sistemas. Esto puede lograrse de dos maneras: calentando el agua por inmersión o por irradiación o montando los sistemas en climas de menor altitud. La primera alternativa implica un costo adicional tanto en la adquisición de elementos de calefacción, como en los costos de la energía necesaria para su utilización. Sin embargo, los crecimientos obtenidos pueden compensar estos costos (Leal et al, 2007). Además al instalarse estos sistemas cerca de los centros de consumo se disminuye el costo de transporte de los peces y abarata la adquisición de los insumos. En el segundo caso, se incrementaría la velocidad de crecimiento de forma considerable, sin asumir costos elevados de electricidad.

Por lo tanto puede proponerse que estos sistemas de recirculación diseñados a mínimo costo, o unos similares con algunas mejoras pueden ser utilizados para levantar goldfish (*C. auratus*), en condiciones controladas, con buenos niveles de supervivencia, con la posibilidad de lograr biomásas elevadas, en un tiempo relativamente corto (con mayor temperatura del agua en los sistemas). Esto representa ventajas con respecto al sistema de cultivo en estanques de tierra como suele usarse en Colombia para esta especie, ya que se puede producir una biomasa mayor de manera continua en menor cantidad de espacio, sin riesgo de predadores y utilizando una cantidad de agua mucho menor. Todas estas ventajas podrían mejorar las condiciones económicas de las personas que implementen esta tecnología como una alternativa de acuicultura urbana.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bailey M, Burgess P. 2000. Tropical Fishlopaedia. A Complete guide to fish care. Howell Book House, New York.
2. Buckel J.A. Steinberg N.D. Conover D.O. 1995. Effects of temperature, salinity, and fish size on growth and consumption of juvenile bluefish. *Journal of Fish Biology*, 47: 696–706.
3. Bushman A, Pizarro R. 2001. El costo ambiental de la salmonicultura en Chile. Publicaciones terram. Análisis de políticas públicas No 5.
4. Carrascal J. 2011. Evaluación de un sistema cerrado de recirculación de agua para el levante de carapa común (*Cyprinus carpio*). Trabajo de grado, Programa de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Militar “Nueva Granada”, Bogotá, D. C. 58 p
5. Chapman FA. 2000. Ornamental fish culture, freshwater. En “Encyclopedia of Aquaculture”. Stickney RR (Editor). John Wiley & Sons, Inc.
6. Chen Shulin, Ling Jian; 2006. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors, *Aquacultural Engineering* 34 179–197
7. Colciencias. 2000. Editorial. La Investigación en acuicultura. Colombia Ciencia & Tecnología. 18:2.
8. Colt J. 1991. Aquacultural production systems. *J. Anim. Sci.* 69:4183-4192
9. Deza S, Quirz S, Rabaza M, Rebaza C. 2002. Efecto de la siembra en el crecimiento de *Piaractus brachypomus* “Pacu” en estanques seminaturales de Pucallpa. *Folia Amazónica*, 13:11-21
10. Diver S. 2000. Aquaponics- Integration of hydroponics with aquaculture. *Appropriate Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA)*.
11. Ebeling J, Jensen G, Losordo T, Masser M, McMullen J, Pfeiffer L, Rakocy J, Sette M. 1995. Model Aquaculture recirculation system (MARS). Engineering and operations manual. Department of Agricultural Education and Studies. Iowa State University. USA
12. EIFAC. European inland fisheries advisory commission report of the third session of the working party on stocking. EIFAC occasional paper No. 28, 1994
13. Evans D: 1997. The physiology of fishes. Second Edition. CRC Press. Florida, USA.
14. Fonds M, Tanaka M, Van Der Veer H.W. 1995. Feeding and growth of juvenile japanese flounder *Paralichthys olivaceus* in relation to temperature and food supply. *Netherlands Journal of Sea Research*, 34: 111-118.
15. Fu-Guang L, Shuenn-Der Y, Hon-Cheng Ch. 2009. Effect of temperature, stocking density and fish size on the ammonia excretion in palmetto bass (*Morone saxatilis* × *M. chrysops*). *Aquaculture Research*. 40: 450–455.
16. Gosh A, Mahapatra BK, Datta NC. 2003. Ornamental fish farming, Successful small scale aqua business in India. *Aquaculture Asia*, 8:14-18
17. Harvey DJ. 2004. Aquaculture outlook. Domestic aquacultural production higher and imports up. En “ Electronic Outlook Report from

- Economic Research Series. United States Department of Agriculture, LDP-AQS-19
18. Hernandez C, Gómez E, Hurtado H. 2009. Estudio preliminar del levante de juveniles de Arawana plateada (*Osteoglossum bicirrhosum*) en sistemas cerrados de recirculación. Revista de la Facultad de Ciencias Básicas, 6:96-113.
 19. Hill JE, Yanong RPE. 2002. Freshwater ornamental fish commonly cultured in Florida. Circular 54, Institute of Food and Agriculture Sciences, University of Florida
 20. Hurtado H, Gómez E, Tovar MO. 2010. Montaje y evaluación de un sistema acupónico Goldfish (*Carassius auratus*)-Orégano (*Oreganum vulgare*). Proyecto de Investigación CIAS 585. Bogotá.
 21. Hurtado H, Gómez E, Tovar MO, Obando MJ. 2008. Efecto de dietas enriquecidas con ácido ascórbico y α -tocoferol sobre el crecimiento del tiburoncito *Hexanematichthys seemanni*. CIAS 163. Vicerrectoría de Investigaciones Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá. 12p.
 22. International Council for Laboratory Animal Science. 1997. Principios éticos de la experimentación animal. Biomédica 17:325
 23. Ji YQ, Adelman IR, Maher J, Skurla J. 1997. Evaluation of Recirculating aquaculture systems. Minnesota Department of Agriculture. Minnesota, USA.
 24. Johnson DM, Wardlow GW. 1997. A prototype Recirculating aquaculture-hydroponic system. University of Arkansas. Department of Agricultural & Extension education
 25. Kausar R, Salim M. 2006. Effect of water temperature on the growth performance and feed conversion ratio of *Labeo rohita*. Pakistan Vet. J, 26: 105-108
 26. Landines M.A. Urueña F.R. Mora J.C. 2007. Peces dorados. p. 139-149. En: Landines M.A. Urueña F.R. Mora J.C. Rodríguez L. Sanabria A. I. Herazo D.M. Botero J. Ministerio de agricultura y desarrollo rural. Producción de peces ornamentales en Colombia. Bogotá, 240
 27. Leal A, Vargas V, Rodríguez D, Moreno P, Gómez E, Hurtado H. 2007. Estudio preliminar del efecto de la temperatura del agua sobre el crecimiento de *Carassius auratus* mantenido en sistemas de recirculación. Revista de la Facultad de Ciencias Básicas, 3:163-175
 28. Masser MP, Rakocy J, Losordo TM. 1999. Recirculating aquaculture tank production systems. Management of recirculating systems. SRAC Publication 452. Southern Regional Aquaculture Center, USA.
 29. McGee M, Cichra, C. 2000. Principles of water recirculation and filtration in aquaculture. Document FA12. Institute of Food and Agricultural Sciences. Extension. University of Florida, USA
 30. Merino E.G, Piedrahita R.H, Conklin E.D. 2007. The effect of fish stocking density on the growth of California halibut (*Paralichthys californicus*) juveniles. Aquaculture 265: 176-186.
 31. Montaña C, González MA, Cachón C, Hurtado H. 2005. Montaje y ensayo preliminar de un sistema de recirculación de agua para cultivo de *Onchorhynchus mykiss*. Revista Facultad de Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada. 1:88-90

32. Ostrow M. 1995. Goldfish. Segunda edición. Barron's Educational Series, Inc.
33. Ramírez D, Sabogal D, Gómez E, Rodríguez D, Hurtado H. 2009. Montaje y evaluación preliminar de un sistema acuapónicos goldfish-lechuga. *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 5:154-170
34. Rodríguez L, Mora D, Moreno P, Rodríguez D, Hurtado H. 2007. Influencia de la densidad de siembra sobre el crecimiento y sobrevivencia de alevinos de tilapia roja (*Oreochromis sp*) en un sistema de recirculación. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 8:177-186
35. Salazar G. 2002. El cultivo de organismos acuáticos en pequeña escala en Colombia. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura INPA.
36. Smartt J, Bundell JH. 1996. Goldfish breeding and genetics. T.H.F. press
37. Tamaru CS, Ako H. 1999. Using commercial feeds for the culture of freshwater ornamental fishes in Hawaii. U.N.J.R. Technical Report No 28.
38. Tanveer M, Nair SP, Moulick S, Mukherjee CK. 2010. Mathematical model of nutrient balance of a goldfish (*Carassius auratus* Linn) recirculating aquaculture system (GRAS). *Ambi-Agua Taubaté*, 5:30-39
39. Timmons M, Ebeling J, Mheaton F, Summerfelt S y Vinvi B. 2002. *Recirculation Aquaculture System*. 2 ed, p. 1 – 213.
40. Timmons MB, Youngs WD, Bowser PR, Rumsey G. 1995. Design principles of water reuse systems for salmonids. *Agriculture and Biological Engineering*, Extension bulletin 462, Department of Agriculture and Biological Engineering. New York State College of Agriculture and Life Sciences, Cornell University. Ithaca, New York, USA
41. Woods J. 2000. The urban aquaculture manual. Chapter 2. A simple recirculation system. Web of Creation.
42. Wurts WA. 2000. Sustainable aquaculture in the twenty-first century. *Rev. Fish. Sci.* 8:141-150
43. Zar JH. 1999. *Biostatistical analysis*. Fourth Edition. Prentice Hall
44. Zarski D, Kucharczyk D, Targońska K, Krejszef S, Czarkowski T, Babiarez E, Nowosielska D. 2010. Dynamics of nitrogen and phosphorus in closed and semi-closed recirculating aquaculture systems during the intensive culture of goldfish, *Carassius auratus auratus* (L.), juveniles. *Arch. Pol. Fish.* 18: 187-193