

Densidades idóneas para sistemas de policultivo de especies comerciales Tilapia Roja (*Oreochromis* spp.) y Carpa Roja (*Ciprynus carpio*) en sistemas de confinamiento artesanal en lagos artificiales en Santiago de Cali (Valle del Cauca, Colombia)

Suitable densities for polyculture systems of commercial species of Oreochromis spp. and Ciprynus carpio in crafted confinement systems in artificial lakes in Santiago de Cali (Valle del Cauca, Colombia)

Leidy Dayana Reyes Serna^{1*}

RESUMEN

Se realizó una evaluación de crecimiento y supervivencia de Carpa roja (*Ciprynus carpio*) en policultivo con Tilapia roja (*Oreochromis* spp.), en un sistema de jaulas flotantes en un lago artificial en el Valle del Cauca, durante 122 días. Se evaluó una densidad de 6 individuos por jaula y los controles fueron cada una de las especies creciendo de forma individual. Se aplicaron 3 tratamientos para este policultivo y fueron ubicados aleatoriamente en los módulos experimentales y alimentados según la tabla nutricional indicada para su edad, tamaño y peso. Además contaron con sus respectivas réplicas. La experiencia tuvo una duración de 122 días en los que se realizaron mediciones de talla y peso cada 15 días, para establecer la eficacia de los tratamientos en relación con los datos zootécnicos. Los datos obtenidos se compararon estadísticamente con el programa Statistica, mediante un análisis de varianza, de un diseño de medidas repetidas, con unas post-Anova de Tukey. Se pudo evidenciar que la supervivencia no presenta relación directa con la densidad, ya que los valores encontrados de supervivencia fueron considerablemente altos para todos los tratamientos, lo que indica que dichas proporciones son adecuadas para establecer sistemas de policultivo.

Palabras clave: Piscicultura, *Ciprynus carpio*, policultivo, *Oreochromis* spp., densidad de siembra.

ABSTRACT

An evaluation of the growth and survival of Ciprynus carpio and Oreochromis spp. in polyculture was carried out, for 122 days, in a system of floating cages in an artificial lake in Valle del Cauca. A density of 6 individuals per cage was evaluated, using as controls each one of the species growing individually. Three treatments for this polyculture were randomly placed in the experimental modules and fed according to the nutritional table indicated for their age, size and weight; As well as to their respective replicas. To establish the efficacy of the treatments in relation to the zootechnical data, size and weight measurements were performed every 15 days. The data obtained were statistically compared with the Statistica™ program, through a variance analysis, of a repeated measures design, using Tukey post-Anova. It can be concluded that survival is not directly related to density; since the values found for survival were considerably high for all treatments, indicating that these proportions are adequate to establish polyculture systems.

Key words: Pisciculture, *Ciprynus carpio*, polyculture, *Oreochromis* spp., seed density.

Introducción

El crecimiento poblacional principalmente en los países en vías de desarrollo ha incrementado el problema de la desnutrición en el mundo, convirtiéndola en un asunto vigente y prioritario que requiere de la búsqueda de alternativas que contribuyan a mitigar sus estragos. Dicho problema

se asocia tanto a la disponibilidad como a la falta de calidad de alimentos. La carencia de proteína animal y sus precios relativamente altos para la mayoría de los mercados hacen que se requiera de una producción más alta, una disminución de costos de producción y el foco en fuentes de proteína animal alternas. La piscicultura, que es el cultivo de peces bajo condiciones controladas

¹ Universidad Icesi. Valle del Cauca-Colombia.

* Autor por correspondencia: leidy.reyes@correo.icesi.edu.co

por el hombre hasta su cosecha, procesamiento, comercialización y consumo, ofrece una buena alternativa para este problema.

La piscicultura sigue creciendo más rápidamente que cualquier otro sector de producción de alimentos de origen animal, y a mayor ritmo que la población, con un incremento del suministro acuícola per cápita desde 0,7 kg en 1970 hasta 7,8 kg en 2008, lo que constituye un crecimiento medio anual del 6,6%. Se espera que supere a la pesca de captura como fuente de pescado comestible. A pesar de la larga tradición de las prácticas acuícolas en algunos países, realizadas durante muchos siglos, en el contexto mundial la acuicultura es un sector de producción de alimentos joven que ha crecido rápidamente en los últimos 50 años. (Halwart *et al.*, 2008).

Aunque la piscicultura se presenta como una alternativa muy rentable que abre un sector comercial muy próspero, también existen riesgos inherentes a esta actividad tanto en el ámbito económico como en el ambiental. Por ello, antes de abordar la industria acuícola se deben conocer las técnicas de cultivo, la selección de sitios apropiados y las condiciones biológicas adecuadas para la producción (que incluyen suelo, calidad y caudal de agua del abastecimiento necesario), así como su ciclo biológico y el rendimiento en el crecimiento, además de los factores económicos que involucra la producción tales como la demanda del producto final, la inversión que conlleva todo el proceso (fijas y de capital u operacional) y la rentabilidad final de la actividad. (Anrooy *et al.* 2007). Colombia posee un gran potencial para desarrollar la acuicultura, gracias a su ubicación geográfica y topográfica. Además se encuentra ubicada como el tercer país a nivel mundial en disponibilidad de recursos hídricos con 25.000 millones de metros cúbicos, exceptuando aguas marítimas. (Salazar, 2002). En el caso particular de Colombia la actividad pesquera y acuícola está enfocada en el aprovechamiento de sus dos litorales y el gran número de cuencas lacustres y fluviales, principalmente por la explotación artesanal. (Beltrán & Villaneda, 2000). Bajo estas condiciones la piscicultura jugará un papel muy importante en el futuro en la búsqueda de nuevas soluciones a los problemas regionales y locales de nutrición, brindando fuentes de empleo, ayudando a la conservación de los recursos naturales y, en algunos casos, sirviendo como entrada importante de divisas para el país. (Wedler 1998).

El crecimiento constante de la piscicultura se debe al estancamiento de la pesca, que en las últimas décadas no muestra crecimiento en el volumen de captura y además presenta disminuciones en la tasa de extracción del recurso pesquero (Halwart *et al.*, 2008), que son consecuencia de la sobreexplotación de los recursos acuícolas, por efecto de la intensificación de la pesca, la cual es capaz de capturar poblaciones completas de peces, causando la merma del recurso y pérdida en el pool genético. Además del aumento en la demanda mundial de productos acuícolas, las capturas no son suficientes para satisfacer las necesidades de alimento mundial (Rubio & Fernández 2008), principalmente por la pérdida de los recursos renovables, en aguas continentales y marinas, por acciones antrópicas, como son la contaminación y cambios en los cursos de agua.

En sus inicios, la piscicultura en Colombia era una actividad de autoconsumo y con muy poca capacidad de venta, debido al bajo consumo per cápita de 2 kg, pero ha terminado por convertirse en una actividad de importancia social y económica a nivel nacional por ser una fuente de alimento y empleo para la población ribereña de los principales ríos y zonas costeras. (Beltrán & Villaneda, 2000). Adicional a esto la piscicultura en jaulas apenas está empezando a ser explotada, inclusive en especies grandes, de nado rápido y pelágico como el atún. (Halwart *et al.*, 2008). El interés del cultivo en jaulas en Latinoamérica incluye especies como el barbudo, trucha, tilapia, dorado y carpa. Debido a su alto potencial en las regiones costeras, en el caso de Colombia el cultivo de la tilapia roja (*Oreochromis spp*) se ha ido intensificando considerablemente, tanto así, que en la actualidad es una de las principales especies comercializadas. (Córdoba, 2003). En las explotaciones acuícolas de Colombia, la tilapia roja (*Oreochromis spp*) es la más aprovechada por su coloración atractiva, tolerancia a condiciones de manejo y por presentar entre sus características fenotípicas genes de las especies *O. niloticus*, *O. aureus*, *O. mosambicus* y *O. hornorum*. (Torres *et al.* 2010). Por otra parte, la carpa roja (*Ciprynus carpio*) se caracteriza por contar con vasto potencial, cuyas tecnologías son ampliamente conocidas a nivel mundial y que se considera como una de las especies de mayor cultivo en el mundo, con cerca de 17 millones de toneladas para el año 2003. En el 2008 la producción de peces de agua dulce

estuvo dominada por las carpas (Cyprinidae, 20,4 millones de toneladas o el 71,1%). Además de esto es un pez de amplio espectro alimentario, que acepta muy bien los carbohidratos, así como una amplia gama de alimentos forrajeros, con contenido bajo de proteínas. Su variedad “espejo” ha sido utilizada para cultivos experimentales simulando arrozales, y muestra una resistencia alta a temperaturas de hasta 37 °C, en estanques de baja profundidad en el subtrópico. Su variedad “koi” es muy empleada para acuarios y estanques de jardines, como ornamental. Pese a que ambas especies a evaluar han sido muy utilizadas en la práctica piscícola, no se cuenta con datos acerca de la densidad de cría para la carpa roja, ni tampoco se han llevado a cabo experiencias de policultivo donde estén involucradas.

El objetivo de este trabajo es determinar aspectos del crecimiento, incremento en peso, sobrevivencia, tasa de factor de conversión y relación talla peso, del *Ciprynus carpio* en policultivo con *Oreochromis* spp. en jaulas flotantes, monitoreando periódicamente los parámetros fisicoquímicos y su influencia sobre el cultivo.

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la microestación ubicada en el campus principal de la Ciudad Universitaria Meléndez, en la ciudad de Cali, en el departamento del Valle del Cauca 3°22'33.55"N 76°31'58.43"O, con una elevación de 995 msnm (Figura 1). Esa zona presenta un clima de sabana

tropical con una temperatura promedio de 25 °C y la precipitación promedio anual alcanza a 162.5 mm. (Rubio 2010).

Metodología

Para la construcción de un módulo flotante de 36 m² de área se utilizaron varas y tablas de madera disponibles en la zona. El módulo fue subdividido en 4 compartimentos de 6 m² donde se dispusieron las jaulas flotantes. Para realizar un mejor control y manejo se construyeron pasadizos entre los compartimentos. La flotación del módulo se llevó a cabo con canecas plásticas de 55 galones ancladas a la plataforma con pesos muertos que le dan equilibrio al sistema.

Durante la experiencia fueron empleadas 30 jaulas distribuidas en forma aleatoria, unidas por sectores a una plataforma. Las jaulas de 1 m³ fueron construidas en un armazón de tubos de pvc, a la cual se le realizó la costura de la malla con nylon. Se utilizó una malla de polipropileno (PP Netlon Diamante) de 5 mm por 5 mm. Estos son módulos individuales de 1 m³ con una capacidad útil de 0.8 m³ aproximadamente, con un margen de seguridad de 20 cm, por encima de la superficie del agua. Cada jaula fue construida con una compuerta de seguridad en la parte superior con el fin de evitar la intervención de posibles predadores. (Figura 2).

Durante la experiencia se evaluó una densidad de 6 individuos por jaula y los controles fueron cada una de las especies creciendo de forma individual.

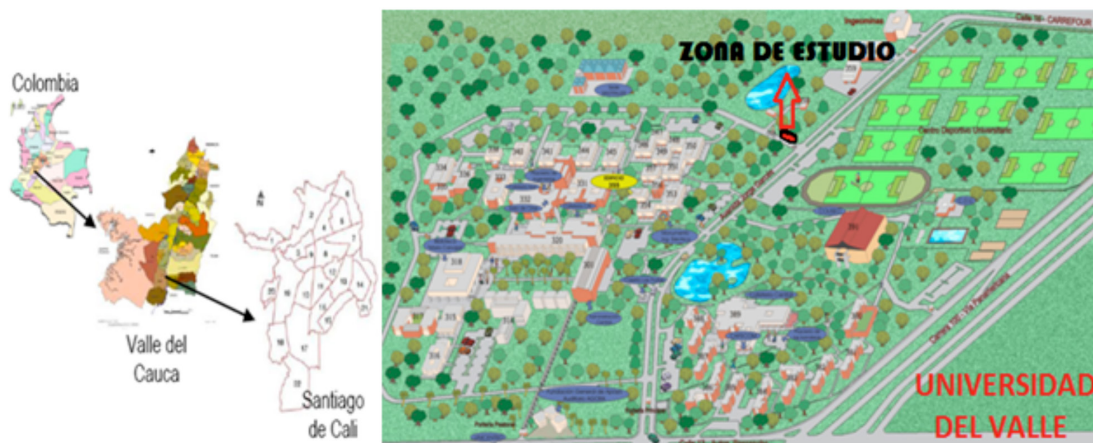


Figura 1. Ubicación geográfica de la microestación en la Universidad del Valle - Cali - Valle del Cauca.



Figura 2. Jaulas empleadas en la experiencia, de 1 m³.
Fuente: Propia.

Se aplicaron 3 tratamientos para este policultivo. El primer tratamiento o tratamiento A corresponde a la proporción de 1/1, 3 Carpas y 3 Tilapias. Para el tratamiento 2 o tratamiento B la proporción correspondiente fue de 2T/1C, es decir, 4 Tilapias y 2 Carpas; el tratamiento 3 o C corresponde a la proporción 2C/1T, es decir, 4 Carpas y 2 Tilapias. Finalmente los tratamientos control correspondientes para cada especie tuvieron una densidad de 6 Tilapias por módulo de confinamiento, en el caso del control para *Oreochromis* spp. (Tilapia roja); de 6 Carpas por módulo de confinamiento, en el caso del control para *Ciprynus carpio* (Carpa roja). Cada uno de los tratamientos contó con sus respectivas réplicas. Tanto el control como todos los tratamientos fueron repartidos aleatoriamente en los módulos experimentales, durante los 122 días en los que fueron monitoreados.

Los peces fueron alimentados 3 veces al día entre las 9:00 am y las 5:00 pm. Durante la primera fase de la experiencia del cultivo experimental (2 primeros meses) se utilizó un alimento extrudizado comercial marca "Solla" Mojarra 38, el cual contiene 38% de proteína. Este tipo de alimentos es recomendado para suministrar a alevinos desde 0.5 hasta 80 gramos de peso vivo, porque garantiza el menor costo energético de movimiento en su proceso de alimentación diario. Posteriormente

se suministró alimento extrudizado Mojarra 32, el cual contiene 32% de proteína. Este producto se suministra generalmente durante la fase de levante en el cultivo de especies porque permite obtener la mejor relación costo beneficio en cultivos tecnificados y no tecnificados. La ración fue administrada al 15, 12, 10, 8 y 6% de acuerdo a la biomasa presentada por los peces al momento del muestreo, siguiendo la tabla de alimentación propuesta (Tabla 1). En las Tablas 2 y 3 se muestra la composición aproximada de los dos tipos de alimento utilizados para esta experiencia.

Se llevó a cabo un monitoreo quincenal de algunos parámetros fisicoquímicos. Con la ayuda del disco Secchi se midió la visibilidad relativa o turbidez del cuerpo de agua. Se empleó el equipo YSI 58, el cual permitió monitorear la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, la salinidad y la temperatura.

Durante la realización de esta experiencia se tomaron medidas quincenalmente, el peso medio final (g) por jaula, dividiendo la biomasa final en cada jaula por el número de sobrevivientes. El incremento de peso total ΔBt en (kg) en cada jaula se estimará comparando la biomasa total con biomasa inicial.

$$\bullet \quad \Delta Bt = Bt - B0$$

Donde Bt = biomasa final total (kg); B0 = biomasa inicial total (kg).

El incremento de peso promedio de los peces en cada jaula por día, Δwt , se estimará con la diferencia entre peso inicial y peso final después del tiempo de cultivo.

$$\bullet \quad \Delta wt = Wt - W0/t$$

Donde Wt = peso final del pez (g); W0 = peso inicial del pez (g); t = tiempo (días).

Tasa de sobrevivencia, se estimará con el número de peces iniciales y el número de supervivientes después de 120 días de cultivo. 64

Tabla 1. Tabla de alimentación propuesta para la experiencia.

Peso (g)	Porcentaje de peso en alimento
31-60	15
61-90	12
91-120	10
121-150	8
151-180	6

Tabla 2. Composición aproximada del alimento Mojarra 38% marca "Solla" utilizado durante la experiencia.

MOJARRA	38%
Proteína mínima	38%
Grasa mínima	4%
Ceniza máxima	12%
Humedad	13%
Fibra máxima	4%
Tamaño de pelet	2,5 mm

Tabla 3. Composición aproximada del alimento Mojarra 32% marca "Solla" utilizado durante la experiencia.

MOJARRA	32%
Proteína mínima	32%
Grasa mínima	2,5%
Ceniza máxima	12%
Humedad	13%
Fibra máxima	4%
Tamaño de pelet	3,5 mm

- $N_t/N_0 \times 100\%$

Donde N_t = número de peces supervivientes el tiempo t ; N_0 = número inicial de peces.

Factor de conversión de alimento (FCR), se obtiene con el cociente del peso del alimento suministrado y el peso ganado del pez.

- $FRC = \text{peso alimento suministrado/peso ganado por los peces.}$
- $\text{Producción neta (Pw)} = (W_t - W_0) \text{ (kg)/ } v \text{ (m}^3\text{).}$

Donde W_t =: peso total de los peces que sobreviven al tiempo t ; W_0 = peso total inicial de los peces; V = volumen de la jaula.

- $\text{Tasa de crecimiento específico} = 100 (\ln w_f - \ln w_i)/t$

Donde $\ln w_f$ = log natural del peso promedio final; $\ln w_i$ = log natural del peso promedio inicial; t = tiempo de cría. Relación longitud-peso $WT = aLT^b$ WT = peso total de pez en gramos; a = constante de regresión equivalente al factor de condición (F_c); LT es la longitud total en centímetros; b es el coeficiente de crecimiento de la regresión. Tomando el logaritmo para lineal la ecuación:

$\log WT = \log a + b \log LT$. Donde b es la pendiente de la recta.

Se utilizó una prueba de hipótesis t-Student sobre el b estimado. Se comprobó si en las jaulas se presentó un crecimiento isométrico ($=3$) o alométrico ($\neq 3$).

$$t = \frac{S_x}{S_y} \times \frac{|b - 3|}{\sqrt{1 - R^2}} \times \sqrt{n - 2}$$

Donde: S_x = desviación estándar de la LT (Longitud total), S_y = desviación estándar de la WT (peso total), b = pendiente de la curva, R^2 = coeficiente de correlación, n = número de datos. El estudio realizado correspondió a un diseño completamente al azar y los datos obtenidos se compararon estadísticamente con el programa Statistica, mediante un análisis de varianza, de un diseño de medidas repetidas, con unas post-Anova de Tukey.

Resultados

En la evaluación del crecimiento de *Oreochromis* spp. en policultivo con *Ciprynus carpio*, se obtuvieron promedios constantes de crecimiento tanto para *Oreochromis* spp. como para *Ciprynus carpio*, siendo el tratamiento A (proporción 1T/1C) el menos favorable para *Oreochromis* spp. en cuanto a incremento de talla promedio (cm/día).

En la Tabla 4 se observan los promedios del crecimiento en longitud y peso de *Oreochromis* spp. en policultivo *Ciprynus carpio* y sus respectivos datos zootécnicos.

En el estudio de *Oreochromis* spp. en policultivo con *Ciprynus carpio* se registró al finalizar el periodo programado para la experiencia (122 días) una ganancia de peso aceptable del *Oreochromis* spp. en los diferentes tratamientos aplicados, siendo el tratamiento C con una proporción de (1T/2C) el menos favorable con un valor en gramos de 57,57. En cuanto a *Ciprynus carpio*, el tratamiento que presentó el menor incremento en peso fue el tratamiento B que corresponde a la proporción (2T/1C), con un valor de 53,75 gramos. El tratamiento que registró los valores más altos para ambas especies fue el tratamiento A correspondiente a la proporción (1T/1C), con valores de 89,03 gramos para *Oreochromis* spp. y de 83,38 gramos para *Ciprynus carpio*. En

Tabla 4. Los promedios del crecimiento en longitud y peso de *Oreochromis* sp. en policultivo *Ciprynus carpio* y sus respectivos datos zootécnicos.

Tratamiento	Tratamiento A (1T/1C)		Tratamiento B (2T/1C)		Tratamiento C (1T/2C)		Control Tilapia	Control Carpa
	Tilapia	Carpa	Tilapia	Carpa	Tilapia	Carpa		
Talla inicial (cm)	7,98	7,03	8,82	7,42	9,06	7,5	8,45	8,2
Talla final (cm)	25,42	28,87	31,72	32,62	33,65	33,02	34,5	34
Incremento talla promedio (cm/día)	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Peso inicial	39,72	33,2	40	33,25	39,6	35	38,58	39,72
Peso final	128,75	116,58	102	87	97,17	104	157,83	153
Incremento peso promedio (g/día)	0,73	0,68	0,51	0,44	0,47	0,56	0,97	0,93
peso ganado (g)	89,03	83,38	62	53,75	57,57	69	119,25	113,28
Producción neta (kg/m ³)	0,08	0,08	0,02	0,05	0,05	0,41	0,12	0,68
Tasa de crecimiento específico (%)	0,96	1,03	0,06	0,79	0,74	0,89	1,15	1,1
FCR	5,77	5,05	7,29	7,3	7,87	6,34	4,14	4,31
Supervivencia (%)	100	100	87,5	100	100	100	91,7	100

cuanto a los controles, el valor más alto lo presentó *Oreochromis* spp. con 119,25 gramos y *Ciprynus carpio* obtuvo un valor de 113,28 gramos.

La supervivencia para ambas especies fue alta, como se muestra en la tabla 4. *Ciprynus carpio* obtuvo una sobrevivencia del 100% en todos los tratamientos. Por otra parte, *Oreochromis* spp. presentó únicamente pérdidas en el tratamiento C (1T/2C) con un 87,5% de supervivencia y en el control con 91,7% de supervivencia.

Factor de conversión de alimento

Los valores de FCR fueron similares en ambas especies. En *Oreochromis* spp. este valor fue superior a 3, con un máximo de 7,87 en el tratamiento C (1T/2C) y un mínimo de 5,77 que se registró en el tratamiento A (1T/1C). En el control de esta especie se obtuvo un valor de 4,14. En *Ciprynus carpio* el máximo valor se registró en el tratamiento B (2T/1C) 7,3 y un valor mínimo en el tratamiento A (1T/1C) de 5,05. En cuanto al control empleado para *Ciprynus carpio*, el valor obtenido fue de 4,31.

Incremento de peso promedio por día

Se registró ganancia de peso promedio diario aceptable en *Oreochromis* spp. con un valor mínimo de 0,47 g/día en el tratamiento C (1T/2C) y un valor máximo en el tratamiento A (1T/1C) de 0,73 g/día. *Ciprynus carpio* obtuvo un valor mínimo de 0,44 g/día en el tratamiento B (2T/1C)

y un máximo de 0,68 g/día en el tratamiento A (1T/1C). Ambos controles presentaron valores de incremento de peso promedio por día altos en comparación con los diferentes tratamientos, con 0,97 g/día para *Oreochromis* spp. y 0,93 g/día para *Ciprynus carpio*.

Incremento talla promedio por día

Los resultados obtenidos del incremento de talla promedio diario fueron muy similares para ambas especies de 0,2 (cm/día) para todos los tratamientos, siendo el dato logrado en el tratamiento A (1T/1C) de 0,1 (cm/día) el único diferente y al mismo tiempo el más bajo registrado durante la experiencia.

Tasa de crecimiento específico

El valor más alto lo presentó la Carpa roja en el tratamiento A (1T/1C) con 1,03% y el valor menos favorable se registró en el tratamiento B (2T/1C) para la Tilapia roja con un porcentaje en la tasa de crecimiento específico muy bajo: 0,06%. En cuanto a los tratamientos fueron de 1,15% para Tilapia roja y de 1,1% para Carpa roja. La relación de longitud-peso de cada una de las especies de peces en policultivo y sus respectivas curvas se realizó con los datos de longitud y peso colectados quincenalmente, durante los 122 días de la experiencia (Figuras 3, 4 5 y 6), teniendo en cuenta la ecuación potencial de la relación ($y=aX^b$) donde (b) y (a) tiene una relación cúbica.

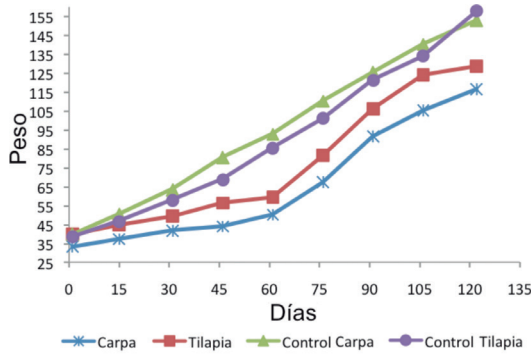


Figura 3. Crecimiento en peso de *Oreochromis* sp. en policultivo con *Ciprynus carpio* tratamiento A (1T/1C), en jaulas flotantes.

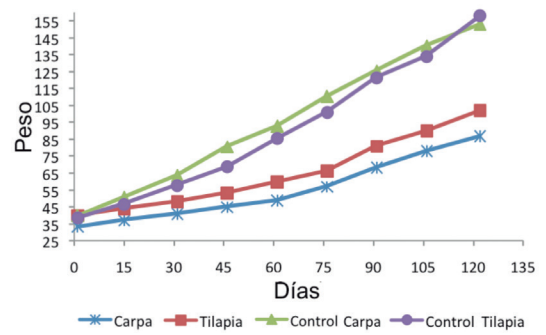


Figura 4. Crecimiento en peso de *Oreochromis* sp. en policultivo con *Ciprynus carpio* tratamiento B (2T/1C), en jaulas flotantes.

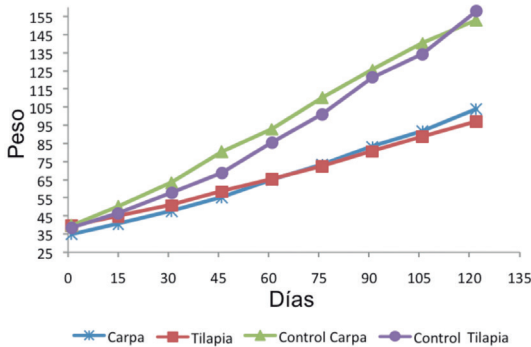


Figura 5. Crecimiento en peso de *Oreochromis* sp. en policultivo con *Ciprynus carpio* tratamiento C (1T/2C), en jaulas flotantes.

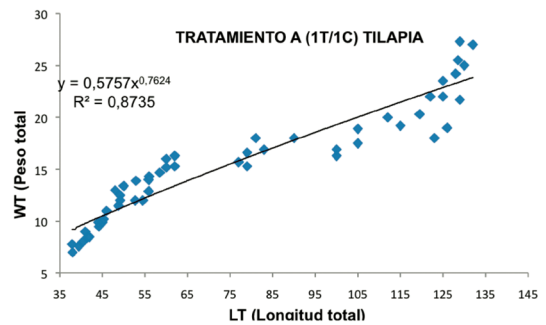


Figura 6. Relación peso total en función de longitud total, del tratamiento A con densidad (1T/1C) para la Tilapia, en el estudio de *Oreochromis* sp. en policultivo con *Ciprynus carpio* en jaulas flotantes.

Esta relación longitud-peso se utiliza en los peces, para determinar si el crecimiento es alométrico o isométrico, y esto se comprueba con una prueba t-Student Tabla 5.

Tabla 5. Resultados de la prueba t-Student para la relación longitud-peso del estudio de *Oreochromis* sp. en policultivo con *Ciprynus carpio*, en jaulas flotantes bajo diferentes proporciones de siembra.

Tratamiento	T calculado	T de tabla	Crecimiento
Tilapia A (1T/AC)	140,23	1,65	Alométrico $b \neq 3$
Carpa A (1T/AC)	348,99	1,65	Alométrico $b \neq 3$
Tilapia B (2T/1C)	152,26	1,65	Alométrico $b \neq 3$
Carpa B (2T/1C)	82,16	1,66	Alométrico $b \neq 3$
Tilapia C (1T/2C)	182,46	1,66	Alométrico $b \neq 3$
Carpa C (1T/2C)	294,87	1,65	Alométrico $b \neq 3$
Control Tilapia	618,96	1,64	Alométrico $b \neq 3$
Control Carpa	627,09	1,64	Alométrico $b \neq 3$

Análisis de varianza para el crecimiento diario en talla del estudio de Tilapia en policultivo con Carpa en jaulas flotantes

Se encontró que el P-valor es menor que el estadístico de prueba de 0,05, lo que indica que acepta la hipótesis nula, por lo que fue posible inferir que hay diferencias significativas entre las combinaciones. Al encontrar diferencias entre las combinaciones, se realizó una Post-Anova (test de Tukey). (Tablas 6, 7, 8 y 9).

Discusión

El crecimiento de los peces es el incremento en peso y talla a lo largo de un tiempo determinado. Está relacionado con factores como la alimentación, digestión, parámetros ambientales, el metabolismo y estado de maduración. (Rubio & Fernández 2008). El crecimiento presentado por la Tilapia

Tabla 6. Análisis de varianza (Anova) para el crecimiento diario en talla del estudio de *Oreochromis* sp. en policultivo con *Ciprynus carpio* en jaulas flotantes.

	Test	Value	F	Effect	Error	P
Intercept	Wilks	0,132504	1384,675	2	423	0,000000
Tratamiento	Wilks	0,524525	53,687	6	846	0,000000
Especie	Wilks	0,990941	1,933	2	423	0,145931
Tratamiento*Especie	Wilks	0,937350	4,636	6	846	0,000120

Tabla 7. Análisis de varianza (Anova) test de homogeneidad de varianzas.

	Hartley F max	cocran c	bartlett chi-sqr	Df	p
Peso	1,080174	0,519271	0,318875	1	0,572285
Talla	1,089378	0,521389	0,392871	1	0,530794

Tabla 8. Post-Anova (test de Tukey) para el crecimiento diario en talla del estudio de *Oreochromis* sp. en policultivo con *Ciprynus carpio* en jaulas flotantes.

		{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
Tratamiento	Especie	76,65600	65,096	64,857	54,926	66,333	66,18	90,111	94,989
A	TR		0,449688	0,421614	0,003002	0,600696	0,581848	0,249523	0,025746
A	CR	0,449688		1,000000	0,619330	0,999999	1,000000	0,000274	0,000035
B	TR	0,421614	1,000000		0,648121	0,999996	0,999998	0,000230	0,000034
B	CR	0,003002	0,619330	0,648121		0,467956	0,486520	0,000032	0,000032
C	TR	0,600696	0,999999	0,999996	0,467956		1,000000	0,000684	0,000041
C	CR	0,581848	1,000000	0,999998	0,486520	1,000000		0,000610	0,000040
Control Tilapia	TR	0,249523	0,000274	0,000230	0,000032	0,000684	0,000610		0,989131
Control Carpa	CR	0,025746	0,000035	0,000034	0,000032	0,000041	0,000040	0,989131	

Tabla 9. Post-Anova (test de Newman-Keuls) para el crecimiento diario en talla del estudio de *Oreochromis* sp. en policultivo con *Ciprynus carpio* en jaulas flotantes.

		{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
Tratamiento	Especie	76,65600	65,096	64,857	54,926	66,333	66,18	90,111	94,989
A	TR		0,170774	0,224484	0,001665	0,067526	0,151875	0,017175	0,003351
A	CR	0,170774		0,966308	0,169190	0,973881	0,847808	0,000106	0,000022
B	TR	0,224484	0,966308		0,078602	0,993749	0,970233	0,000128	0,000027
B	CR	0,001665	0,169190	0,078602		0,256134	0,190529	0,000026	0,000032
C	TR	0,067526	0,973881	0,993749	0,256134		0,978299	0,000094	0,000010
C	CR	0,151875	0,847808	0,970233	0,190529	0,978299		0,000138	0,000020
Control Tilapia	TR	0,017175	0,000106	0,000128	0,000026	0,000094	0,000138		0,387650
Control Carpa	CR	0,003351	0,000022	0,000027	0,000032	0,000010	0,000020	0,387650	

roja durante la experiencia mostró un buen desempeño, con valores favorables, obteniendo peso final máximo de 157,83 g, muy cerca de la talla comercial y el peso ganado aceptable durante 122 días, como se observa en las figuras 3, 4, 5 y 6. Es

pertinente considerar que existen diferentes efectos medioambientales, como las bajas temperaturas, que pudieron influenciar en este comportamiento.

El crecimiento presentado por la Carpa roja definitivamente se vio favorecido por los parámetros

fisicoquímicos, ya que según la literatura, las principales características fisicoquímicas del agua para el cultivo de la carpa roja son: la temperatura debe estar entre 16 y 23 °C, como rango óptimo; la concentración del oxígeno disuelto debe mantenerse en valores entre 3 y 6.5 ppm; y el pH debe estar en un rango entre 6.0 y 7.5, como nivel óptimo para la especie. En cuanto al peso obtenido se encontró que el mayor incremento para ambas especies fue de 89,03 para la Tilapia y de 83,38 para la Carpa. En contraste, el tratamiento menos favorable para el aumento del peso ganado fue el tratamiento C (1T/2C) para la Tilapia con un valor de 57,57 y el tratamiento B (2T/1C) para la Carpa con un valor 53,75. Posiblemente estos datos corresponden a una leve ventaja que otorgaba el tratamiento en cuanto a número de individuos de una especie en cada uno de los módulos de confinamiento. En cuanto a los controles, los valores obtenidos fueron 119,25 para la Tilapia y 113,28 para la Carpa.

Con relación a la supervivencia se obtuvieron porcentajes altos en los tres tratamientos para ambas especies. En los tratamientos A y C fueron de 100% y en el tratamiento B se presentó una supervivencia de 87,5% para la Tilapia y de 100% para la Carpa. En el control de Tilapia se registró una supervivencia de 91,7 y en el control de Carpa fue de 100%.

Los porcentajes de sobrevivencia de la Tilapia están dentro de los obtenidos para el cultivo en jaulas flotantes en embalses de Colombia, lo que demuestra la gran rusticidad de la especie, tanto en aguas dulces como en las salobres. Las pérdidas registradas para Tilapia podrían corresponder a fugas, ya que no se encontraron cuerpos flotando, ni en el fondo de las jaulas. Los altos porcentajes de sobrevivencia en las dos especies muestran que no hay depredación entre ellas, lo que indica que pueden ocupar el mismo espacio sin que esto comprometa su existencia. El factor de conversión de alimento es la cantidad de alimento en kilogramos para producir un kilogramo de pez. Este valor es importante para la producción piscícola dado que los valores de conversión bajos indican mayor producción con menos alimento. Este parámetro ayuda a estimar la cantidad de alimento necesario para producir un kilo de pez, y tomando en cuenta la rentabilidad resultante del cultivo, se considera aceptable un FRC de máximo 2, que indicaría que se requieren 2 kilos de alimento para un aumento de 1 kilo en el peso del pez.

Los valores de FCR registrados en la experiencia fueron altos para ambas especies, ya que estuvieron por encima de 3, con una mejor conversión de alimento en la Carpa. Estos valores se presentaron probablemente por el estrés generado por las condiciones ambientales, ya que la temperatura estaba por debajo del rango óptimo. Según el análisis de varianza realizado para el crecimiento diario en peso del estudio de *Oreochromis* spp. en policultivo con *Ciprynus carpio*,

existen diferencias significativas entre las combinaciones. Los mejores incrementos de peso promedio por día los obtuvieron los controles con valores de 0,97 para Tilapia y de 0,93 para Carpa, seguidos del tratamiento A (1T/1C) con valores de 0,73 para Tilapia y de 0,68 para Carpa.

Con respecto a la producción neta se encontró que ninguno de los tratamientos de la experiencia obtuvo un valor superior a 1kg/m³, y el tratamiento A (1T/1C) fue el de mejor comportamiento con 0,08 kg/m³, superando incluso el valor obtenido para los controles. Esto corrobora que la igualdad en densidad en los sistemas de confinamiento resulta más favorable para el cultivo de la Tilapia en policultivo con la Carpa. Las mejores tasas de crecimiento específico se registraron en los controles seguidos por el tratamiento A (1T/1C), con valores de 0,96 para la Tilapia y de 1,03 para la Carpa. Estos resultados corroboran lo favorable de conservar una igualdad en la proporción de individuos de diferentes especies por módulo de confinamiento. La relación longitud-peso muestra cómo es la relación del aumento en talla y el peso ganado por los peces, teniendo en cuenta que la talla de un pez se incrementa en una dimensión, mientras que su peso aumenta tres veces más. Esta relación es exponencial con un factor b que es la pendiente de la curva, que indica el tipo de crecimiento que obtuvieron los peces, con un crecimiento isométrico si $b=3$ o alométrico si $b \neq 3$, comprobándose con una prueba t-Student. Ambas especies muestran un crecimiento alométrico en la totalidad de las combinaciones.

Conclusiones

Las condiciones medioambientales fueron un factor que influyó considerablemente en el crecimiento, desarrollo y adaptación de los peces. En esta experiencia los parámetros fisicoquímicos fueron estables, lo cual favoreció la supervivencia de los organismos estudiados.

La producción de biomasa se ve influenciada por la densidad de cada uno de los tratamientos, demostrando que el más favorable es aquel que no proporciona ventaja numérica a ninguna de las especies (Tratamiento A).

La supervivencia no presenta relación directa con la densidad ya que los valores encontrados fueron considerablemente altos para todos los tratamientos.

En la evaluación de los policultivos respecto al crecimiento se encontró viabilidad para implementarlo a nivel comercial, ya que la aceptación del alimento por parte de ambas especies demuestra el potencial existente en este tipo de experiencias. La implementación del tratamiento A sugiere también ejercer un mayor control sobre

los factores fisicoquímicos del agua, como es el caso del oxígeno disuelto y la temperatura, que desempeñan un papel vital en el desarrollo adecuado de los organismos.

Agradecimiento

Al apoyo sincero de amigos, familia y especialmente a mi director, Germán Bolívar, Biólogo, PhD, en la culminación del Proyecto de fin de pregrado del programa de Ciencias Naturales y Exactas 3140 de la Universidad del Valle-sección Biología Marina para acceder a título de pregrado en Biología en el año 2012, Santiago de Cali, Colombia. Fecha de iniciación 2012 y culminación 2014.

Literatura Citada

- Anrooy, R.V., P.A.D. Secretan, Y. Lou, R. Roberts & M. Upare
2007. Análisis del estado actual de seguros en la acuicultura mundial. 493 Roma, área de pesca FAO, 118 p.
- Beltrán, C.E. & A.A. Villaneda
2000. Perfil de la pesca y la acuicultura en Colombia. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura - INPA, subdirección de investigaciones. Bogotá, 29 p.
- Espejo, C.
1999. Evaluación de torta de soya, soya integral y harina de yuca en la alimentación de tilapia en jaulas. II Congreso Suramericano de Acuicultura Venezuela. 198-205.
- Halwart, M., D. Soto & J.R. Arthur.
2008. Acuicultura en jaulas Estudios regionales y panorama mundial. Doc.498 Departamento de Pesca de la FAO. Roma, 270 p.
- Rubio E.A.
2008. Introducción a los peces dulceacuícolas de Colombia. Cali-Colombia. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad del Valle, 406 p.
- Salazar, A.G.
2002. El cultivo de organismos acuáticos en pequeña escala en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura - INPA. Bogotá-Colombia, 31 p.
- Torres, J., Muñoz, J., Cárdenas, H.
2010. Characterization of the red tilapia *Oreochromis sp.* Through molecular markers RAPD. *Acta Agronómica*, 59(2), 236-246.
- Wedler, E.
1998. Contribuciones al conocimiento sobre el cultivo de la cachama (*Colossoma sp.*). *Bol. Red. Acuicultura*. 1 (2): 14-15.