

## Uso del guapote lagunero *Parachromis dovii* (Günther 1869) como biocontrol de la sobrepoblación de tilapia azul *Oreochromis aureus* (Steindachner 1864) y su impacto económico

Use of the wolf cichlid *Parachromis dovii* (Günther 1869) as biocontrol of the overpopulation of blue tilapia *Oreochromis aureus* (Steindachner 1864) and its economic impact

José Valverde-Moya 

Instituto Nacional de Aprendizaje, Puntarenas, Costa Rica.

**Correspondencia:** José Valverde-Moya **E-mail:** [jvalverdemoya@ina.ac.cr](mailto:jvalverdemoya@ina.ac.cr)

Original article | Artículo original

### Palabras clave

Depredador  
control poblacional  
biocontrol  
tilapia  
Costa Rica

**RESUMEN** | En el control de la sobrepoblación de tilapia azul *Oreochromis aureus* en estanques, se puede utilizar una especie de pez piscívora como el guapote lagunero *Parachromis dovii*, el cual también es altamente apetecido como alimento. El propósito de este estudio fue evaluar el uso del guapote lagunero como depredador biológico de los alevines de tilapia y como un ingreso económico adicional. Los juveniles de tilapia azul ( $3,0 \pm 3,7$  g) y guapotes ( $5,0 \pm 3,4$ g) fueron sembrados en tres estanques divididos en 3 secciones de 24 m<sup>2</sup>. Se utilizaron 3 réplicas en policultivo a densidades de 1,75 ind./m<sup>2</sup> con una proporción de 5:1 tilapia: guapote en el tratamiento A y de 1,38 ind./m<sup>2</sup> con una proporción de 10:1 tilapia: guapote en el tratamiento B. Como control se utilizó, por triplicado, un monocultivo de tilapias a una densidad de 1,42 ind./m<sup>2</sup>. Se registró un peso promedio final en los ejemplares de tilapia azul significativamente superior en el tratamiento A (158 g) con respecto al control (116 g), sin existir diferencias significativas entre los tratamientos A y B. Se cosechó una biomasa total (314 g) y neta (13 g/m<sup>2</sup>) significativamente superior de tilapia azul en el tratamiento A con respecto al control (121 g y 5 g/m<sup>2</sup>, respectivamente) debido a la mayor tasa de crecimiento. La falta de guapotes en el monocultivo provocó la aparición de una mayor cantidad de alevines (<50 g) y menos peces con tamaño comercial (>200 g) con respecto a los dos tratamientos con guapotes. La biomasa de guapotes también fue significativamente superior en la proporción 5:1 con respecto a la de 10:1 contribuyendo a alcanzar una biomasa total más alta. La posibilidad de venta de guapotes permitió obtener mayor rentabilidad y excedentes superando con mayor margen el punto de equilibrio en la proporción 5:1 con respecto al monocultivo y la proporción 10:1 tilapia: guapote.

### Keywords

Predator  
population control  
biocontrol  
tilapia  
Costa Rica

**ABSTRACT** | In the control of the overpopulation of blue tilapia *Oreochromis aureus* in ponds, a species of piscivorous fish such as the wolf cichlid *Parachromis dovii* can be used, which is also highly desired as food. The purpose of this study was to evaluate the use of the wolf cichlid as a biological predator of tilapia fry and as an additional economic income. The blue tilapia juveniles ( $3.0 \pm 3.7$  g) and guapotes ( $5.0 \pm 3.4$ g) were stocked in three ponds divided into 3 sections of 24 m<sup>2</sup>. 3 replicates were used in polyculture at densities of 1.75 ind./m<sup>2</sup> with a ratio of 5:1 tilapia: guapote in treatment A and 1.38 ind./m<sup>2</sup> with a ratio of 10:1 tilapia: guapote in treatment B. A monoculture of tilapia at a density of 1.42 ind./m<sup>2</sup> was used as a control in triplicate. A significantly higher final average weight was recorded in blue tilapia specimens in treatment A (158 g) compared to control (116 g), with no significant differences between treatments A and B. A significantly higher total (314 g) and net (13 g/m<sup>2</sup>) biomass of blue tilapia was harvested in treatment A compared to the control (121 g and 5 g/m<sup>2</sup>, respectively) due to the higher growth rate. The lack of guapotes in the monoculture led to the appearance of a greater number of fry (<50 g) and fewer commercial-sized fish (>200 g) compared to the two treatments with guapotes. Guapotes biomass was also significantly higher in the 5:1 ratio compared to 10:1, contributing to a higher total biomass. The possibility of selling guapotes allowed obtaining greater profitability and surpluses, exceeding the break-even point with a greater margin in the 5:1 ratio with respect to monoculture and the 10:1 tilapia: guapote ratio.

## INTRODUCCIÓN

La producción mundial de animales acuáticos alcanzó un récord de 185 millones de toneladas en 2022 de las cuales un 51% fueron cultivadas, superando por primera vez la pesca de captura (49%), y las aguas continentales aportaron el 38% de ese total con el 84% proveniente de la acuicultura (FAO 2024). Una de las especies más cultivadas a nivel mundial es la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) que con 5,3 millones de toneladas fue la quinta especie más producida en 2022. En la actualidad, el cultivo de la tilapia del Nilo predomina en Costa Rica con producciones significativas en la forma de filete fresco destinado a mercados internacionales (Valverde *et al.* 2024).

Las tilapias tienen la facilidad de ser criadas en cautiverio dentro de una amplia variedad de condiciones del agua donde pueden sobrevivir, crecer y reproducirse repetidamente alcanzando altas densidades. Esta condición da como resultado un reclutamiento excesivo de alevines en los sistemas de engorde, lo que provoca sobrepoblación, competencia y peces pequeños a la cosecha que no logran alcanzar tamaño de mercado (Abaho *et al.* 2021). Además, al ser una especie introducida, puede propagarse rápidamente en aguas públicas (Wurts *et al.* 2020) impactando negativamente a las poblaciones de peces nativos debido a la competencia por espacio y alimento natural (Bonham 2022).

La proliferación de las tilapias en zonas rurales con sistemas artesanales de cultivo ocurre cuando se compran los juveniles masculinizados de establecimientos que no aseguran un 100 % de masculinización o se adquieren de fincas vecinas sin estar sexualmente reversados. También se introducen de los propios sistemas de producción si no se desinfectan los estanques ni se controla la filtración de las entradas de agua (Barrera y Paz 2006). Se han propuesto varios métodos para evitar la sobrepoblación y el retraso en el crecimiento de las tilapias cuando se reproducen en los estanques. Uno de ellos es el sexado manual, pero tiene la limitante de que se requieren peces de tamaño relativamente grande (35 g) para que el sexado sea exitoso (De Graff *et al.* 1996) y con más de dos meses tiene el inconveniente de que ya se han empezado a reproducir apareciendo los primeros alevines (Pereira y Silva 1997).

Otra alternativa es el uso de peces depredadores como controladores biológicos de las crías de las tilapias y entre los que se han utilizado figuran los siguientes: el bagre africano *Clarias gariepinus* (Bonham 2022), la lubina negra *Micropterus salmoides* (Wurts *et al.* 2020), el pez africano *Parachanna obscura* y el sahar *Tor putitora* (Wang y Lu 2015), la perca del Nilo *Lates niloticus* (Bedawi 2006), el robalo *Centropomus undecimalis* (Pereira y Silva, 1997), el pez cabeza de serpiente *Ophiocephalus obscurus* y otras especies de peces como *Hemichromis fasciatus* y el sargento *Cichla ocellaris* (De Graaf *et al.* 1996). La eficiencia de estas especies piscívoras estuvo determinada por su pequeño tamaño en el momento de la siembra para evitar que se devoren todo el stock original y su capacidad para alcanzar el tamaño de especie depredadora de las crías de tilapia en densidades relativamente bajas (Lochmann *et al.* 2009). Este ha resultado ser un método efectivo y práctico de control, pero requiere investigar la densidad y la proporción adecuadas de ambas poblaciones para el éxito de esta técnica (Fagbenro 2004).

Los cíclidos también se han utilizado para el control biológico de las crías de tilapia. La castarrica, *Mayaheros urophthalmus* se ha utilizado en México (Wang y Lu 2015). Los guapotes tigres *Parachromis managuensis* y laguneros *P. dovii* se han empleado con ese fin en El Salvador (Dunseth y Bayne 1978), Honduras y Costa Rica (Barrera y Paz 2006). Estas especies están distribuidas en América Central y son los depredadores más grandes entre los cíclidos. Son peces altamente apetecidos como alimento por los pobladores de las comunidades rurales por su tamaño y calidad de su carne, siendo muy apreciados en la pesca deportiva, artesanal y fluvial de Costa Rica y Nicaragua (Angulo y San Gil-León 2022).

*Parachromis dovii* (Günther 1869), es un cíclido nativo de Costa Rica donde se distribuye en ambas vertientes y es conocido como guapote lagunero/azul/lobo en la región Caribe norte del país (San Gil-León y Angulo 2021). Se caracteriza por ser un pez piscívoro extremadamente agresivo, superando al guapote tigre (Norton 2023), aunque también ingiere crustáceos e insectos en menor cantidad. Se adapta bien a las condiciones de cultivo y posee la ventaja de aceptar el alimento formulado desde el inicio de la alimentación exógena; sin embargo, su uso exclusivo produce un crecimiento muy lento (Valverde-Chavarría *et al.* 2013). Se ha descrito que prefieren comer presas vivas tales como peces pequeños, lombrices, renacuajos, insectos y crustáceos en lugar del alimento formulado (De Lang 2025). En policultivo con tilapias, no ha representado competencia por el alimento formulado flotante debido a que la tilapia es más rápida y agresiva en la alimentación. Los guapotes no se reproducen en los estanques de tilapia, lo cual difiere cuando se cultivan solos, observándose los primeros alevines a los 126 días cuanto los animales alcanzan 85 g de peso promedio (Günther 1996b). En el medio natural, como la laguna Hule en Costa Rica, se observó que la talla de la primera madurez de la hembra de *P. dovii* es de 134 mm LT y 45g con una edad de 137 días (Tabash y Guadamuz 2000).

Desde 1976, se ha tratado de cultivar especies de guapote en Costa Rica (MAG 1976) y en 1991 se inició un programa enfocado al cultivo del guapote lagunero *P. dovii*, completándose su ciclo de vida y produciéndose a escala experimental (Valverde-Chavarría *et al.* 2013). Sin embargo, se requiere mayor investigación en sistemas de policultivo para optimizar las condiciones de manejo, las densidades de siembra y las proporciones de depredador: presa (guapote: tilapia) cuando *P. dovii* se utiliza en estanques para controlar la reproducción de las tilapias.

Hasta la fecha, es poco lo que se conoce sobre la rentabilidad del policultivo entre la tilapia azul (*O. aureus*) y el guapote lagunero (*P. dovii*) como un ingreso económico atractivo y adicional dado que el guapote es altamente apetecido como alimento por los pobladores de las comunidades rurales. La información generada de este tipo de estudio es importante para consolidar paquetes tecnológicos en el policultivo de ambas especies, con el fin de desarrollar un sistema de producción sostenible de peces autóctonos, como los guapotes, en combinación con peces de mayor valor comercial, como las tilapias, para el establecimiento de una acuicultura rural con mercado regional.

Debido a lo anterior, este estudio pretende evaluar al guapote lagunero (*P. dovii*) como controlador biológico de los alevines de la tilapia azul (*Oreochromis aureus*) bajo dos proporciones (5:1 y 10:1 tilapia: guapote) y como un ingreso económico adicional al generado por la venta de las tilapias.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio tuvo una duración de 120 días, de junio a septiembre 2024, y se utilizaron tres estanques de la estación acuícola Langostinos del Río, localizada en Jesús María de San Mateo, Alajuela (9°57'45" N y 84°33'40" O), Costa Rica. Cada estanque fue dividido con malla plástica de nylon con abertura de 5 cm cuidadosamente fijada al fondo y las orillas. Con estas divisiones se logró convertir los estanques de 72 m<sup>2</sup> y 0,8 m de profundidad en 3 espacios experimentales para obtener 3 tratamientos con 3 réplicas de 24 m<sup>2</sup> para fines de investigación. Los tres tratamientos evaluados quedaron distribuidos al azar en cada uno de los tres estanques utilizados con un ambiente homogéneo y apto para realizar investigación aplicada en la acuicultura. Con el fin de evitar la depredación de los peces por parte de las aves, se colocaron mallas plásticas con abertura de 5 cm sobre los estanques. No se realizaron labores de preparación de los estanques ya que el fondo fue cubierto con plástico, procediéndose al llenado en 2 días utilizando agua de pozo con pH de 6,0; oxígeno disuelto de 3,2 mg/L y una temperatura de 27,7 °C. Posteriormente, el fondo de los estanques se fue llenando de sedimentos posibilitando que los machos hicieran el nido para el desove de las hembras de tilapia.

Los alevines de tilapia azul (*O. aureus*) y de guapote lagunero (*P. dovii*) con un tamaño inicial homogéneo fueron producidos en un estanque de 72 m<sup>2</sup> de la misma Estación Acuícola donde se llevó a cabo el experimento, después de haber ocurrido la reproducción no controlada de ambas especies en policultivo durante un año. Se cosecharon y seleccionaron por especie y tamaños, colocándolos en piletas de concreto de 2,7 m<sup>3</sup> durante una semana antes del experimento. La masa húmeda inicial fue medida en 30 individuos de cada especie seleccionados al azar, utilizando una balanza electrónica Ohaus ( $\pm 0,05$  g) y los valores obtenidos fueron de  $3,0 \pm 3,7$ g para *O. aureus* y  $5,0 \pm 3,4$ g para *P. dovii*. La amplia variabilidad de tamaños para los alevines de ambas especies se debió a que provenían de un estanque bajo condiciones de reproducción y depredación natural, sin alimentación suplementaria.

La siembra de los alevines de ambas especies se hizo sin aclimatación debido a que las piletas de concreto de donde provenían los alevines presentaban una temperatura de agua similar (28°C). Los peces se dividieron al azar por tratamiento usando 3 réplicas para el policultivo de 35 tilapias y 7 guapotes a densidades de 1,46 ind./m<sup>2</sup> y 0,29 ind./m<sup>2</sup>, respectivamente, y una proporción de 5:1 (tratamiento A), tres réplicas de 30 tilapias y 3 guapotes a densidades de 1,25 ind./m<sup>2</sup> y 0,13 ind./m<sup>2</sup>, respectivamente, y una proporción de 10:1 (tratamiento B) y 3 réplicas en un monocultivo de 34 tilapias a una densidad de 1,42 ind./m<sup>2</sup> (control).

Después de la siembra, los parámetros de la calidad del agua como el oxígeno disuelto y la temperatura se registraron dos veces por semana a lo largo de los cuatro meses del estudio con un oxímetro marca Hanna, mientras que el pH se determinó con la misma frecuencia siguiendo el procedimiento indicado por los métodos de titulación y colorimetría de la marca Hach DR/820-DR/850 (Hach Company 1999). Las medidas de la transparencia del agua con el disco de Secchi fueron realizadas semanalmente a lo largo del período de estudio.

Los muestreos mensuales de la población de los peces se llevaron a cabo utilizando una red de 6 m x 2 m y un diámetro de luz de malla de 1,0 cm. Se extrajeron y contaron todos los organismos de cada encierro experimental bajando el nivel del agua a 0,5 m para pasar la red con facilidad. La masa corporal húmeda de 20 tilapias y de todos los guapotes capturados fue determinada en la balanza electrónica antes mencionada. Las tilapias fueron alimentadas con una dieta comercial marca BELINA® con un 30% proteína y 8% de lípidos, ajustando la cantidad de alimento por día al 3% de la biomasa estimada de las tilapias, suministrado en dos porciones diarias (08:00 y 17:00 h) hasta la cosecha final.

Los organismos se cosecharon bajando el nivel del agua en el estanque hasta que fuera posible capturarlos con redes y atarrayas. Se trasladaron a las piletas de concreto de 2,7 m<sup>3</sup> donde se contaron y pesaron todos los de cada tratamiento. El efecto del policultivo de tilapias con guapotes a diferentes densidades y en solitario sobre los parámetros productivos se evaluó comparando los promedios  $\pm$  desviación estándar de la supervivencia (número final/número inicial\*100), la masa final (g), la biomasa total y neta (kg y g/m<sup>2</sup>) y la biomasa ganada (kg) de cada tratamiento y control. Se utilizaron las siguientes fórmulas para evaluar el crecimiento y rendimiento de producción de la especie:

1. Masa ganada,  $MG = M_f - M_i$ , donde:  $M_f$  = masa final y  $M_i$  = masa inicial.
2. Tasa de crecimiento (g/día) = (Masa final – Masa inicial) / tiempo (días)
3. Tasa de crecimiento específica,  $TCE = [(\ln M_f - \ln M_i) / t] \times 100$ , donde:  $\ln M_f$  y  $\ln M_i$  = logaritmo natural de la masa húmeda final e inicial y  $t$  = tiempo en días.
4. Biomasa final,  $B_m = M_t \times N_t$ , donde:  $M_t$  = Masa promedio de los peces en el estanque (g) y  $N_t$  = Número total de peces al final del estudio.
5. Tasa de conversión de alimentación,  $TCA = C / B_f - B_i$ , donde  $C$  = cantidad de alimento suministrado;  $B_f$  y  $B_i$  = Biomasa final e inicial.
6. Índice del tamaño de la producción,  $ITP = P \times M_f / 100$ , donde:  $P$  = Producción neta (g/m<sup>2</sup>) y  $M_f$  = Masa promedio final.
7. Tasa relativa de crecimiento,  $TRC = (M_f - M_i / M_i) \times 100$ , donde:  $M_f$  y  $M_i$  = Masa final e inicial.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar y se efectuó un análisis de varianza sobre las variables de las masas corporales en gramos y la población en número de las tilapias por tratamiento con una significancia estadística de  $p < 0,05$ . Mediante una prueba múltiple de medias (prueba de Duncan) de los grupos se seleccionó el o los mejores tratamientos con diferencias estadísticas significativas entre los mismos a un nivel de  $p < 0,05$ .

El análisis de sensibilidad económica se realizó substrayendo a los ingresos los costos estimados de producción utilizando un tipo de cambio de 500 colones costarricenses (₡) por dólar americano US\$ (1\$ = ₡500) en 2024. En el análisis de los costos de operación para el control y los dos tratamientos evaluados se tomaron en cuenta los costos por concepto de alevines de tilapia y guapote, el alimento, la mano de obra y la depreciación de los materiales y equipos utilizados. Según las tarifas del Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPECA, 2024) en Costa Rica, el costo de los alevines de tilapias y guapotes hasta 10g es de ₡54 y ₡283, respectivamente (<https://www.incopesc.go.cr/publicaciones/tarifas/>), que a un tipo de cambio de ₡500 por US\$, sería de \$0,1 y \$0,6, respectivamente. El gasto de alimento por encierro se extrapoló al estanque y el costo fue de ₡21.050 el saco de 30 kg de la marca BELINAR® (<https://www.coopeagrienlinea.cr/products-tilapia>) lo que resultó en un costo de \$1,4/kg.

La inversión inicial se estimó en un total de 3 estanques de 72 m<sup>2</sup> y la depreciación se obtuvo para el estanque, los materiales y equipos utilizados en el estudio. Según Valverde y Varela (2020), un estanque de una hectárea con los materiales y equipos (atarraya, medidor oxígeno, tanque, herramientas, balanza, baldes) tienen una depreciación de \$396,9 en los 4 meses del estudio. Por lo tanto, la depreciación para un estanque de 72 m<sup>2</sup> fue calculada en \$2,8 en el mismo período.

La mano de obra directa estuvo compuesta por una persona dedicada un cuarto de tiempo en las labores de los estanques donde se llevó a cabo la investigación, con un salario mínimo de ley de ₡1.529 (\$3,1) por hora en jornada de 8 h (<https://www.mtss.go.cr/prensa/comunicados/2024>). Este laborante ejecuta actividades de mantenimiento, siembras, traslados, alimentación y cosechas, entre otras, en 58,8 h/ha durante 17 semanas (0,5 h/d) (Valverde y Varela, 2020). En este caso, la persona dedicó un cuarto de su tiempo en el estanque por lo que la mano de obra fue de 0,1 h/d con un costo de \$12,0 durante los 120 días del estudio.

Los ingresos se calcularon utilizando el total de organismos cosechados de cada especie y el valor de mercado (₡3.955) establecido por INCOPECA (2024) para el kilo de tilapia eviscerada comercializable (>200g promedio). Por tratarse de tilapias medianas (140 g promedio), su precio se bajó a ₡3.000 el kilo (\$6,0/kg). Se le dio el mismo precio a los guapotes dado que no existe un precio oficial en el país para este producto capturado mediante la pesca.

El análisis de sensibilidad económica se realizó tomando en cuenta las utilidades brutas y el punto de equilibrio para el control y los dos tratamientos. Las utilidades anuales se obtuvieron restando a las ganancias los costos de producción realizando tres ciclos al año de 120 días cada uno. La rentabilidad se obtuvo como un porcentaje aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Rentabilidad} = \text{Ingresos} - \text{Egresos} / \text{Egresos} \times 100$$

Se obtuvo el superávit generado (ganancias – costos) y el punto de equilibrio. El mismo indica el valor del producto (costo total de producción/producción) y el nivel de producción (costo total de producción/ precio por kilo) en el que los ingresos apenas alcanzan para cubrir los costos de producción por estanque.

## RESULTADOS

Las concentraciones de oxígeno disuelto y las temperaturas oscilaron entre 2,4 y 6,8 mg/l y de 28,5 a 29,3 °C con un promedio de 4,6 mg/L y 28,8 °C, respectivamente. Las medidas del disco de Secchi fueron de 35,7 a 47,8 cm con un promedio de 42,2 cm a lo largo del período de estudio (Tabla 1). Los niveles de oxígeno disuelto se fueron elevando de junio a los restantes meses con la entrada de la época lluviosa y se mantuvieron elevados debido al incremento de los recambios de agua para mantener una transparencia de 35-45cm y la aireación de emergencia en las noches con el fin de que no bajara de 3,0 mg/L.

**Tabla 1.** Datos generales de la calidad del agua del policultivo de tilapias con guapotes durante los meses de estudio.

**Table 1.** General data on the water quality of the tilapia polyculture with guapotes during the months of study.

Meses	Promedio OD (mg/L)	Intervalo OD (mg/L)	Temperatura (°C)	Promedio disco Secchi (cm)	Intervalo disco Secchi (cm)
Junio	4,4	3,2-5,5	28,6	37,8	35,7-40,0
Julio	4,6	2,4-6,8	28,5	40,6	38,8-42,5
Agosto	4,4	2,5-6,3	28,9	46,3	44,9-47,8
Septiembre	5,2	4,3-6,1	29,3	44,2	40,5-47,8

Los parámetros zootécnicos tanto para el control en monocultivo de tilapias como para el tratamiento A en policultivo tilapia: guapote 5 a 1 y el tratamiento B en policultivo tilapia: guapote 10 a 1 se presentan en la Tabla 2. En esta, se observa que la tasa de supervivencia de *O. aureus* fue similar, independientemente si estaban solas (95%) o acompañadas en policultivo con guapotes en las proporciones de 5:1 (92%) y 10:1 (94%) tilapia: guapote. La supervivencia de los guapotes fue del 100% en ambos sistemas de policultivo. Una pequeña mortalidad fue detectada en las tilapias y pudo deberse a muerte natural ya que en ningún momento se observaron daños en las tilapias muertas que pudiesen atribuirse a la depredación por parte de los guapotes, aves u otros depredadores.

En la Tabla 2 se observan diferencias significativas en la masa corporal promedio alcanzada al final del cultivo por *O. aureus* en el tratamiento A (165,7 g) con respecto al control (116,4 g ;  $p<0,05$ ), sin existir diferencias significativas entre los tratamientos. La biomasa final alcanzada por *O. aureus* registró un aumento significativo ( $p<0,05$ ) en policultivo 5:1 tilapia: guapote (5.073,6 g) con respecto al monocultivo (3.725,3 g), sin observarse diferencias significativas con respecto al policultivo de 10:1 tilapia: guapote (3.965,7 g). Las diferencias en la biomasa de guapotes también fueron significativas entre las proporciones de 5:1 (314 g) y 10:1 (121 g ;  $p<0,05$ ). Cuando se compararon las biomasa netas ( $\text{g/m}^2$ ) tanto de las tilapias como de los guapotes en las proporciones estudiadas, las diferencias significativas fueron evidentes ( $p<0,05$ ). El mayor incremento en biomasa de los peces en la proporción de 5:1 contribuyó a que la biomasa total fuera superior (5.139,4 g) a la del monocultivo (3.623,3 g) y el policultivo a 10:1 tilapia: guapote (3.981,5 g).

El mayor aporte en biomasa de las tilapias en policultivo a 5:1 y 10:1 tilapia: guapote con respecto al monocultivo se relacionó con la elevada tasa de crecimiento (1,4-1,3 vs 0,9 g/d) en el transcurso de la fase experimental. El índice del tamaño de la producción (ITP) de *O. aureus* fue doblemente superior en policultivo a 5:1 tilapia: guapote (375,3) que en monocultivo (182,0) ( $p<0,05$ ) y 1,3 veces mayor en el policultivo 10:1 tilapia: guapote. En términos de la TRC (%), los valores fueron superiores en los tratamientos A y B ( $5.424,4 \pm 1.066,8$  y  $4.621,1 \pm 723,9$ , respectivamente) que en el control ( $3.780,6 \pm 399,3$ ). Mientras tanto, la tasa de crecimiento específica (%/d) fue de  $3,0 \pm 0,1$  en monocultivo y ligeramente superior en policultivo de 5:1 ( $3,4 \pm 0,2$ ) y 10:1 ( $3,2 \pm 0,1$ ). Las conversiones alimenticias fueron similares entre los tratamientos y el control con valores de 2,2 a 2,4, a pesar de que las cantidades de alimento fueron más altas en el policultivo de 5:1 tilapia: guapote con una tasa alimenticia de  $3,7 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$  con respecto al monocultivo y la proporción 10:1 tilapia: guapote ( $3,0 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ ).



**Tabla 2.** Parámetros zootécnicos (promedio  $\pm$  DE) del monocultivo de *Oreochromis aureus* (control) en comparación con el policultivo con guapotes en proporciones de 5:1 (tratamiento A) y 10:1 (tratamiento B) tilapia: guapote, respectivamente.

**Table 2.** Zootechnical parameters (mean  $\pm$  SD) of the monoculture of *Oreochromis aureus* (control) compared to polyculture with guapotes in proportions of 5:1 (treatment A) and 10:1 (treatment B) tilapia: guapote, respectively.

Parámetros zootécnicos	Control	Tratamiento A		Tratamiento B	
	<i>O. aureus</i>	<i>O. aureus</i>	<i>P. dovii</i>	<i>O. aureus</i>	<i>P. dovii</i>
Número inicial	34,0	35,0	7,0	30,0	3,0
Número final	32,0	32,0	7,0	28,0	3,0
Supervivencia (%)	95,3 $\pm$ 2,3 <sup>a</sup>	91,7 $\pm$ 3,4 <sup>a</sup>	100,0	93,5 $\pm$ 1,7 <sup>a</sup>	100,0
Masa inicial (g)	3,0 $\pm$ 3,7	3,0 $\pm$ 3,7	5,0 $\pm$ 3,4	3,0 $\pm$ 3,8	3,0 $\pm$ 3,9
Masa final (g)	116,4 $\pm$ 12,0 <sup>a</sup>	165,7 $\pm$ 32,0 <sup>b</sup>	49,8 $\pm$ 9,0 <sup>c</sup>	141,6 $\pm$ 21,7 <sup>ab</sup>	45,3 $\pm$ 8,5 <sup>c</sup>
Masa ganada (g)	113,4 $\pm$ 12,0	162,7 $\pm$ 32,0	44,8 $\pm$ 9,0	138,6 $\pm$ 21,7	40,3 $\pm$ 8,5
Biomasa inicial (g)	102,0	105,0	35,0	90,0	15,0
Biomasa final (g)	3.725,3 $\pm$ 383,3 <sup>a</sup>	5.303,5 $\pm$ 1024,1 <sup>b</sup>	313,6 $\pm$ 63,1 <sup>c</sup>	3.965,7 $\pm$ 608,1 <sup>ab</sup>	120,8 $\pm$ 25,4 <sup>d</sup>
Biomasa neta (g/m <sup>2</sup> )	155,2 $\pm$ 16,0 <sup>a</sup>	221,0 $\pm$ 42,7 <sup>b</sup>	13,1 $\pm$ 2,6 <sup>c</sup>	165,2 $\pm$ 25,3 <sup>ab</sup>	5,0 $\pm$ 1,1 <sup>d</sup>
Biomasa ganada (g)	3.623,3 $\pm$ 383,3	5.198,5 $\pm$ 1.024,1	278,6 $\pm$ 63,1	3.875,7 $\pm$ 608,1	105,8 $\pm$ 25,4
Total de biomasa (g)	3.623,3	5.477,1		3.981,5	
Consumo total de alimento (g)	8.617,0	10.688,0		8.920,8	
Crecimiento (g/d)	0,9	1,4	0,4	1,2	0,3
Tasa de crecimiento específica (%/g/día)	3,0 $\pm$ 0,1	3,4 $\pm$ 0,2	1,8 $\pm$ 0,2	3,2 $\pm$ 0,1	1,7 $\pm$ 0,2
Conversión alimenticia	2,4	2,1		2,3	
ITP	182,0 $\pm$ 38,0 <sup>a</sup>	375,3 $\pm$ 139,0 <sup>b</sup>	6,7 $\pm$ 2,5 <sup>c</sup>	237,7 $\pm$ 72,4 <sup>ab</sup>	2,3 $\pm$ 0,8 <sup>d</sup>
TRC	3.780,6 $\pm$ 399,3	5.424,4 $\pm$ 1.066,8	896,0 $\pm$ 180,1	4621,1 $\pm$ 723,9	805,3 $\pm$ 169,2

Las medias con diferente superíndice indican diferencias significativas utilizando la prueba de rangos múltiples de Duncan con p establecido en el nivel de  $p < 0,05$ .

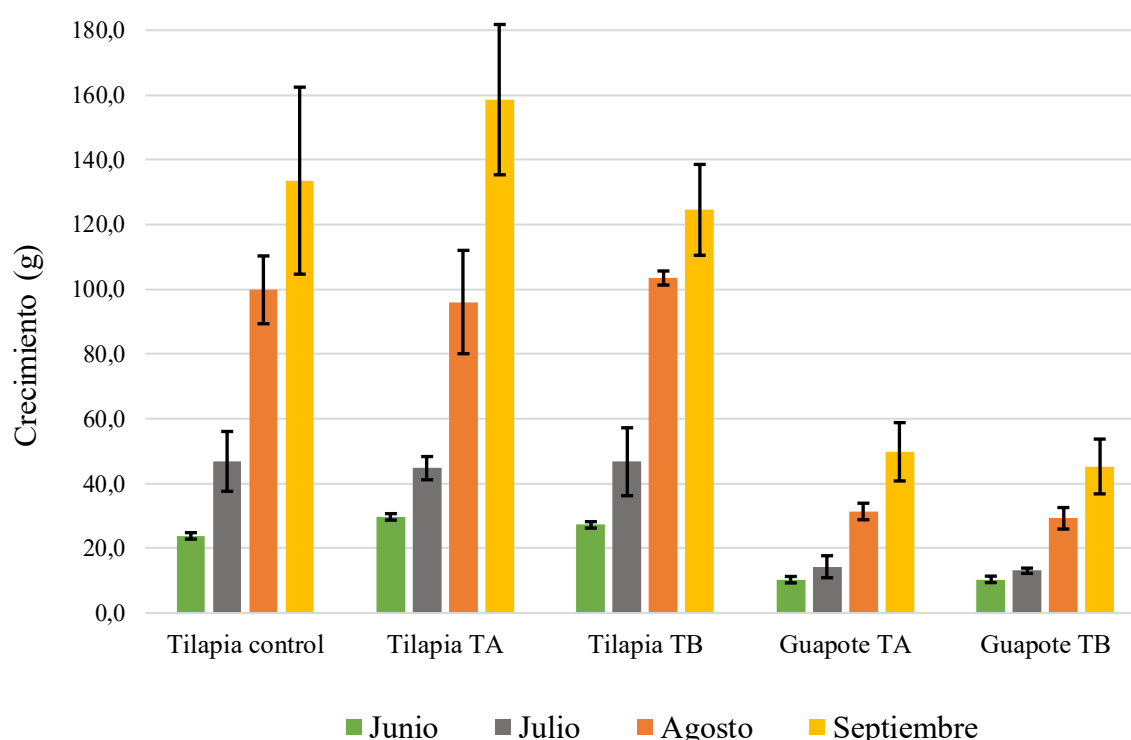
**Tabla 3.** Costos de producción estimados para el monocultivo (control) de *Oreochromis aureus* y el policultivo con *Parachromis dovii* en proporciones de 5:1 (tratamiento A) y 10:1 (tratamiento B) tilapia: guapotes realizando tres ciclos al año de 120 días cada uno.

**Table 3.** Estimated production costs for monoculture (control) of *Oreochromis aureus* and polyculture with *Parachromis dovii* in proportions of 5:1 (treatment A) and 10:1 (treatment B) tilapia: guapotes performing three cycles per year of 120 days each

Rubro	Alevines	Valor (US\$)			Total	Total anual
		Mano de obra	Alimento	Depreciación		
<b>Control</b>						
Detalles	102 <i>O. aureus</i>		25,8 kg			
Costo unitario	0,1		1,4/kg			
Costo / estanque	10,2	12,0	36,1	2,8	61,1	183,3
<b>Tratamiento A</b>						
Detalles	105 <i>O. aureus</i> + 21 <i>P. dovii</i>		32,1 kg			
Costo unitario	0,1 y 0,6		1,4/kg			
Costo / estanque	23,1 (10,5 + 12,6)	12,0	44,9	2,8	82,8	248,4
<b>Tratamiento B</b>						
Detalles	90 <i>O. aureus</i> + 9 <i>P. dovii</i>		26,7 kg			
Costo unitario	0,1 y 0,6		1,4/kg			
Costo / estanque	14,4 (9,0 + 5,4)	12,0	37,4	2,8	66,6	199,8

De la Tabla 2 también se observa que no hubo mayores diferencias en los parámetros zootécnicos de los guapotes a diferentes proporciones con tilapias, excepto por la biomasa total (314 g) y neta (13 g/m<sup>2</sup>) que fueron significativamente superiores ( $p<0,05$ ) en la proporción 5:1 tilapias: guapotes con respecto a la proporción 10:1 tilapia: guapote (121 g y 5 g/m<sup>2</sup>, respectivamente) debido a la mayor cantidad de guapotes sembrados. El índice del tamaño de la producción (ITP) en policultivo a 5:1 (6,7) triplicó al valor obtenido en el policultivo 10:1 (2,3) con diferencias estadísticamente significativas ( $p<0,05$ ).

La Figura 1 muestra el crecimiento de las tilapias y guapotes en los tratamientos evaluados. El peso inicial con el que fueron introducidos los alevines fue de  $3,0 \pm 3,7$  g para las tilapias y  $5,0 \pm 3,4$  g los guapotes. En esta Figura 1 se observa que, a partir del primer mes de cultivo, el crecimiento de las tilapias superó al de los guapotes y así se mantuvo a lo largo del periodo de estudio. El crecimiento de las tilapias fue similar desde el inicio hasta el último mes de cultivo cuando se nota la superioridad de la proporción 5:1 tilapia: guapote del tratamiento A con respecto a los otros dos. A partir del tercer mes empezó a observarse en el control la presencia de alevines de tilapia por la falta de depredadores, mientras que en los tratamientos A y B con guapotes estos no aparecieron. Al final del experimento a los 4 meses, la cantidad de alevines se hizo considerablemente más grande en el control que en los tratamientos. El tratamiento A con la relación 5:1 tilapia: guapotes como controladores biológicos de los alevines dio los mejores resultados en el crecimiento de las tilapias.

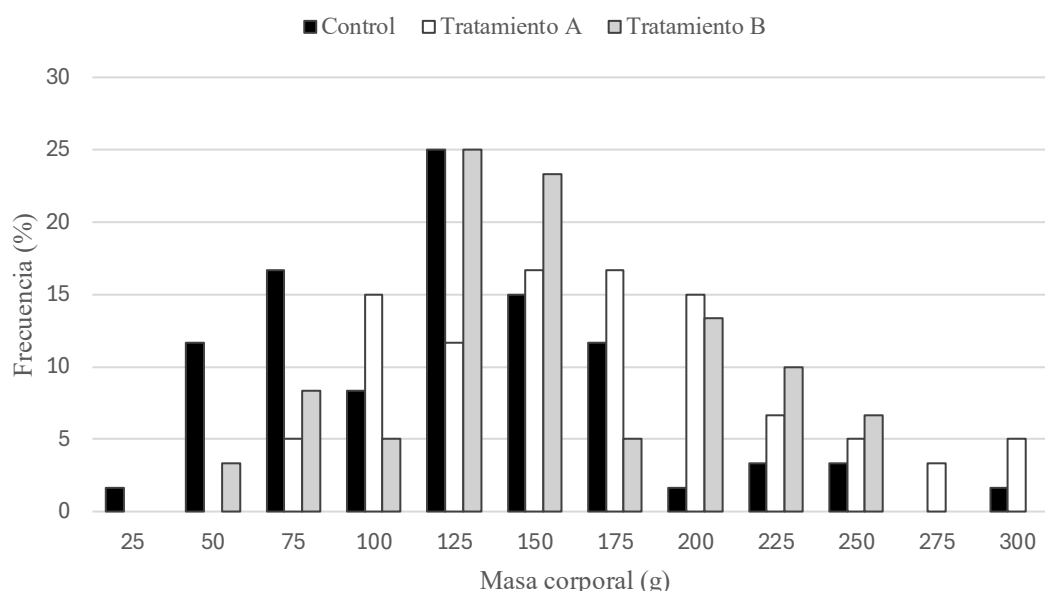


**Figura 1.** Crecimiento de las tilapias en monocultivo (Tilapia control) y en policultivo con guapotes en las proporciones de 5:1 del tratamiento A (Tilapia TA y Guapote TA) y 10:1 del tratamiento B (Tilapia TB y Guapote TB) tilapia: guapote.

**Figure 1.** Growth of tilapia in monoculture (Tilapia control) and polyculture with guapotes in the proportions of 5:1 of treatment A (Tilapia TA and Guapote TA) and 10:1 of treatment B (Tilapia TB and Guapote TB) tilapia: guapote

En la Figura 2 se presenta la distribución de frecuencia (%) de la masa corporal de las tilapias (g) a la cosecha en el control y los tratamientos. Se observa la mayoría (17%) de la población joven o reclutas (<50 g) en el monocultivo de tilapias a la cosecha, sin su presencia en el policultivo 5:1 y con solo un 3% en el de 10:1. Mientras tanto, la mayor parte de las tilapias grandes (>200g) de tamaño preferido o comercial se obtuvieron en la proporción 5:1 (35%) y 10:1 (30%) tilapia: guapote, con solo 10% en el monocultivo. El control y la proporción 10:1 tilapia: guapote presentaron la mayor cantidad (40% y 48%, respectivamente) de tilapias con un tamaño intermedio (125-150g).

Los costos de producción en los 3 estanques de tierra de 72 m<sup>2</sup> en el monocultivo con densidades de 1,4 tilapias/m<sup>2</sup>, el tratamiento A con 1,8 ind./m<sup>2</sup> (1,5 tilapias + 0,3 guapotes) y el tratamiento B con 1,4 ind./m<sup>2</sup> (1,3 tilapias + 0,1 guapotes) se presentan en la Tabla 2. Se nota que la relación tilapia: guapote 5:1 tiene un costo de producción anual (\$248) superior a la relación tilapia: guapote 10:1 (\$200) y al control (\$183), debido principalmente a la compra de mayor cantidad de semilla y de alimento.



**Figura 2.** Distribución de frecuencia (%) de la masa corporal de las tilapias (g) a la cosecha en monocultivo (control) y en policultivo con guapotes en las proporciones de 5:1 del tratamiento A y 10:1 del tratamiento B.

**Figure 2.** Frequency distribution (%) of tilapia body mass (g) at harvest in monoculture (control) and polyculture with guapotes in the proportions of 5:1 of treatment A and 10:1 of treatment B.

Los ingresos por concepto de ventas al pie de finca se presentan en la Tabla 3. La mayor producción de tilapias y de guapotes en la relación 5:1 permitió obtener mayores ingresos anuales (\$292) que la relación 10:1 (\$221) y sobre todo con respecto al control (\$202).

**Tabla 4.** Ingresos por ventas estimados para el monocultivo de *Oreochromis aureus* y el policultivo con *Parachromis dovii* en proporciones de 5:1 (tratamiento A) y 10:1 (tratamiento B) tilapia: guapotes realizando tres ciclos al año de 120 días cada uno.

**Table 4.** Estimated sales revenue for monoculture *Oreochromis aureus* and polyculture with *Parachromis dovii* in ratios of 5:1 (treatment A) and 10:1 (treatment B) tilapia: guapotes performing three cycles per year of 120 days each.

Ingresos			Valor (US\$)				
	Rubro	Tratamiento	Ingreso por especie		Total	Total anual	
Control	Cantidad	96 <i>O. aureus</i>					
	Masa (g)	116,4					
	Biomasa (kg)	11,2	67,2		67,2	201,6	
Tratamiento A	Cantidad	105 <i>O. aureus</i>	21 <i>P. dovii</i>	<i>O. aureus</i>	<i>P. dovii</i>		
	Masa (g)	158,5	49,8				
	Biomasa (kg)	15,2	1,0	91,2	6,0	97,2	291,6
Tratamiento B	Cantidad	84 <i>O. aureus</i>	9 <i>P. dovii</i>	<i>O. aureus</i>	<i>P. dovii</i>		
	Masa (g)	141,6	45,3				
	Biomasa (kg)	11,9	0,4	71,4	2,4	73,8	221,4

Debido a los mayores ingresos, la rentabilidad tuvo una superioridad del 7% en la proporción tilapia: guapote de 5:1 con respecto a la de 10:1 y el control (Tabla 4). El superávit fue doblemente superior (\$43,2) en esta proporción que en la de 10:1 (\$21,6) y el control (\$18,3), las cuales fueron relativamente similares. Con respecto al punto de equilibrio, el análisis de sensibilidad económica indica que el valor por kilo de producto en equilibrio es similar al precio de venta con una leve superioridad, cercana a un dólar por kilo, en la proporción 5:1. Con respecto al nivel de producción en equilibrio, este es doblemente superior (2,4) en esta proporción con respecto a las restantes que son similares a la producción obtenida.



**Tabla 5.** Rentabilidad por concepto de ingresos y gastos estimados para el monocultivo de *Oreochromis aureus* y el policultivo con *Parachromis dovii* en proporciones de 5: 1 (tratamiento A) y 10:1 (tratamiento B) tilapia: guapotes realizando tres ciclos al año de 120 días cada uno.

**Table 5.** Profitability in terms of estimated income and expenses for the monoculture of *O. aureus* and polyculture with *P. dovii* in proportions of 5:1 (treatment A) and 10:1 (treatment B) tilapia: guapotes performing three cycles per year of 120 days each.

Análisis económico		Valor (US\$)			
	Rubro	Ingresos anuales	Costos anuales	%	Superávit
Rentabilidad	Control	201,6	183,3	10,0	18,3
	Tratamiento A	291,6	248,4	17,4	43,2
	Tratamiento B	221,40	199,8	10,8	21,6
		Costos / estanque	Producción (kg)	Precio equilibrio	Superávit
Punto de equilibrio en precio	Control	61,1	11,2	5,5	0,5
	Tratamiento A	82,8	16,2	5,1	0,9
	Tratamiento B	66,6	12,3	5,4	0,6
		Costos / estanque	Precio / kg	Producción equilibrio (kg)	Superávit (kg)
Punto de equilibrio en producción	Control	61,1	6,0	10,2	1,0
	Tratamiento A	82,8	6,0	13,8	2,4
	Tratamiento B	66,6	6,0	11,1	1,2

## DISCUSIÓN

Los valores de la calidad del agua se mantuvieron dentro del intervalo considerado aceptable para el cultivo de las tilapias en general y de *O. aureus* en particular (Valverde *et al.* 2024), así como para el crecimiento positivo de los guapotes (de 2 a 5 mg/L de oxígeno disuelto y de 20 a 33°C) (Acosta y Günther 1992, Günther 2001). Las condiciones lluviosas (IMN 2024) durante el transcurso de la fase experimental, los recambios de agua y la aireación suplementaria, lograron mantener los parámetros de calidad de agua en intervalos óptimos para el cultivo de peces en zonas tropicales (Valverde *et al.* 2024).

En este estudio se utilizó la especie de pez depredador local *P. dovii* para el control del reclutamiento no deseado de la tilapia *O. aureus* en estanques. Las densidades en policultivo de *O. aureus* (de 1,3 a 1,5/m<sup>2</sup>) fueron ligeramente inferiores a la de *O. niloticus* (2.1/m<sup>2</sup>) y las de *P. dovii* (de 0,1 a 0,3/m<sup>2</sup>) fueron similares a las del pez piscívoro (*Ophiocephalus obscurus*) (0,2/m<sup>2</sup>) empleado en el control de los alevines de la tilapia (De Graaf *et al.* 1996).

Las proporciones tilapia: guapote utilizadas en este estudio fueron similares a las empleadas para los alevines de *O. niloticus* con la perca del Nilo *Lates niloticus* (Bedawi 2006) y ligeramente superiores a las estudiadas con alevines de *O. aureus* y *P. managuensis* (4:1 y 8:1) (Dunseth y Bayne 1978). Otros estudios han utilizado diferentes proporciones como el de hembras de *O. aureus* con la lubina negra (*Micropterus salmoides*) (1:1.4 y 1:0.7) (Wurts *et al.* 2020) y las tilapias rojas (*Oreochromis* spp.) con robalos (*Centropomus undecimalis*) (75:1) (Pereira y Silva 1997) para la eliminación del reclutamiento de la tilapia.

Como depredador para el control del reclutamiento de la tilapia durante un período de 120 días, con el uso de *P. dovii* se generó una mejora significativa de la masa promedio final y la producción en biomasa total y neta de *O. aureus* en la proporción 5:1 tilapia: guapote con respecto al control. La proporción 5:1 tilapia guapote también fue la más adecuada, seguida por la proporción 10:1, en un estudio utilizando *O. niloticus* con *Lates niloticus* durante un período más extenso (7 meses) de cultivo (Bedawi 2006). En combinación con *P. managuensis*, el tamaño y la producción de *O. aureus* estuvieron más relacionados a su propia densidad de siembra que a las proporciones tilapia: guapote encontrándose la masa corporal más alta en los sembrados a 0.6/m<sup>2</sup> y la mayor producción a 1,2/m<sup>2</sup> (Dunseth y Bayne 1978).

La mayor tasa de crecimiento de las tilapias en los tratamientos con guapotes que en el control sin ellos, sugiere que las tilapias encontraron condiciones más adecuadas en el sistema de policultivo con las proporciones y tamaños utilizados debido a la menor cantidad de alevines por la presencia de los depredadores. Por tanto, el policultivo de *O. aureus* con *P. dovii* es la mejor opción para las tilapias en términos de crecimiento cuando existe reproducción en los estanques de cultivo. La ganancia

en masa corporal en la proporción 10:1 (138 g) fue considerablemente más alta que la obtenida en la misma proporción de *O. niloticus* (55 g) con el bagre africano *C. gariepinus* como depredador durante 120 días y con mayor densidad (3,0 ind./m<sup>2</sup>) de tilapias (Lochmann *et al.* 2009). La mayor eficiencia del guapote como un depredador piscívoro que el bagre puede estar relacionado al carácter exclusivo depredador de *P. dovii* y omnívoro de *C. gariepinus* (De Graaf *et al.* 1996). La efectividad de *P. dovii* como depredador estuvo determinada por su escasa o nula reproducción en policultivo con tilapias, sus hábitos alimenticios de pez piscívoro que se alimenta de los reclutas de tilapia, su alta eficiencia de depredación en bajas cantidades y su introducción de pequeño tamaño similar al de las tilapias para evitar que las deprede (Fagbenro 2004).

La biomasa total y neta de los guapotes fueron significativamente superiores en la proporción 5:1 que en la 10:1 tilapia: guapote debido principalmente a la mayor cantidad de guapotes sembrados, obteniéndose 100% de sobrevivencia a la cosecha. Producciones mayores (21 y 24 g/m<sup>2</sup>) se alcanzaron con *P. managuensis* en proporciones de 8:1 y 4:1 tilapia:guapote, respectivamente (Dunseth y Bayne, 1978) y sobrevivencias más bajas (70%) fueron obtenidas con *P. dovii* sembrado en monocultivo a 1,4/m<sup>2</sup> con alimento formulado (Günther 1996a).

El crecimiento de los guapotes fue relativamente lento en ambos tratamientos en policultivo cuando se compara con el monocultivo. El guapote *P. dovii* tuvo un crecimiento de 0,7 g/d sembrados a 1,4/m<sup>2</sup> con alimentación suplementaria y alcanzó un peso promedio superior (85 g) en 126 días cuando comenzó a reproducirse (Günther, 1996a). No obstante, es similar a los valores obtenidos en la combinación 4:1 y 8:1 *O. aureus*: *P. managuensis* donde alcanzó una talla comercializable con la misma tasa de crecimiento (Dunseth y Bayne 1978). La TEC mostró la existencia de crecimiento para los guapotes y al ser similar entre ambas proporciones, indicó que probablemente se requieren relaciones más bajas de tilapias con respecto a los guapotes para encontrar peces más grandes a la cosecha. La presencia de guapotes pequeños es indicativo de que no tuvieron una población suficiente de crías de tilapia para su alimentación y crecimiento. Estos resultados sugieren realizar investigaciones con diferentes interacciones de biomasa tilapia/ biomasa guapote en función de establecer objetivos de producción de tamaños comercializables, mientras se reduce o elimina el desove no deseado de las tilapias.

Bajo las condiciones de policultivo de *P. dovii* con *O. aureus* no se observaron las características de los guapotes tigre (*P. managuensis*) y lagunero (*P. dovii*) en monocultivo con alimentación suplementaria. Por ejemplo, no se observó el crecimiento más rápido de los machos que de las hembras a temprana edad (Günther 1996b), tampoco se observaron parejas en actividad reproductiva en el fondo del estanque, ni salieron crías pequeñas en los muestreos (Günther 1996a). Esto pudo haber sido ocasionado por la presencia de las tilapias que restringieron su dieta natural, compitieron por el sitio de anidación en el fondo del estanque y obstaculizaron desove. Este tipo de interacciones se han notado en cuerpos naturales de agua donde la introducción de tilapias ha provocado alteraciones en la población de *P. dovii* y su pesca deportiva (Van den Bergh *et al.* 1999).

Las conversiones alimenticias fueron relativamente altas (2,2- 2,4) lo cual mostró que las tilapias, tanto en policultivo como en monocultivo, tuvieron suficiente cantidad de alimento y que fue aprovechado. Las pocas diferencias entre los tratamientos y el control mostraron poca o nula interferencia de los guapotes en las distintas proporciones sobre el aprovechamiento del alimento por parte de las tilapias. Cuando se aplicó el alimento flotante, fueron principalmente las tilapias las que se alimentaban en la superficie del agua, como fue detectado con observaciones visuales (Valverde *et al.* 2024). La disponibilidad de un alimento suplementario adecuado y de buena calidad es importante para que las tilapias con depredadores alcancen el tamaño de mercado (>200 g) en un corto plazo (Fagbenro 2004).

El índice del tamaño de la producción (ITP) fue doblemente superior para *O. aureus* en policultivo a 5:1 tilapia: guapote que en monocultivo y el triple para *P. dovii* en esa proporción con respecto a la de 10:1 tilapia: guapote. Estos resultados sugieren que la proporción 5:1 tilapia: guapote fue la más adecuada para ambas especies con un aumento evidente en la producción, al igual que fue sugerida para la tilapia (*O. niloticus*) y la perca (*Lates niloticus*) del Nilo en Sudán (Bedawi 2006).

La fluctuación de la tasa de crecimiento en el transcurso del cultivo mostró una tendencia ascendente tanto para las tilapias como para los guapotes hasta el final del cultivo experimental. Esta tendencia positiva mostró que, en un sistema de policultivo, la producción de ambas especies se benefició por la depredación y el control del reclutamiento de las tilapias en las proporciones y pesos inicialmente utilizados. La mayor depredación de las crías de tilapias por parte de los guapotes se dio a partir del tercer mes de cultivo después que las tilapias alcanzaron cerca de 100 g de masa corporal promedio y existían crías en el estanque, con diferencias significativas entre el tratamiento A y el control. El aumento en las poblaciones de

alevines en el control al no existir *P. dovii* en el estanque pudo incidir negativamente en la tasa de crecimiento con respecto a los tratamientos.

Los guapotes con menos de 50 g cosechados en este estudio fueron capaces de controlar el reclutamiento de las tilapias reduciendo la población de juveniles en su totalidad en el policultivo 5:1, mientras que solo un 3% de estos juveniles quedó en la proporción 10:1. La mayoría (17%) de la población de juveniles de tilapia se encontró en el monocultivo al momento de la cosecha. La mayor parte de las tilapias grandes (>200g) de tamaño preferido o comercial se obtuvieron en la proporción 5:1 (35%) y 10:1 (30%) tilapia: guapote, mientras que solo un 10% fue obtenido en el monocultivo. De manera similar, los mejores resultados de *O. niloticus* con *L. niloticus* se obtuvieron en la relación 5:1 con un mayor porcentaje (56%) de tamaño comercial y una masa corporal promedio de 287,5 g durante un período de 7 meses. La relación 10:1 produjo 30% de tamaño grande con 142 g promedio, mientras que esta fue de 49% con una masa corporal de 235 g promedio en el estudio con 10:1 *O. niloticus*: *L. niloticus* (Bedawi 2006). El control y la proporción 10:1 tilapia: guapote presentaron la mayor parte (40% y 48%, respectivamente) de las tilapias con un tamaño intermedio (125-150g). Por lo tanto, la relación 5:1 *Oreochromis*: *Parachromis* parece ser la más adecuada para que *P. dovii* lograra reducir la población joven de *O. aureus* mientras mejoró la de tamaño comercial preferido (200 g). El control del reclutamiento por parte de depredadores pequeños como los guapotes podría relacionarse principalmente con el inicio temprano de la alimentación piscívora de esta especie y sus altas tasas de supervivencia (100%) como depredadores.

Los costos variables de producción fueron más altos en la proporción 5:1 que en la relación 10:1 tilapia: guapote y el monocultivo debido sobre todo por la compra de mayor cantidad de semilla y de alimento, dado que el costo de la mano de obra y depreciación fueron costos fijos. El costo anual se obtuvo tomando en cuenta que con una duración de 120 días por ciclo de cultivo se pueden obtener productos comercializables de tilapia (cerca de 200 g) (Fagbenro, 2004) y de guapotes (cerca de 50 g) (Dunseth y Bayne, 1978) haciendo tres ciclos al año. Este fue superior en la proporción 5:1 que en los restantes ciclos de cultivo.

Los ingresos por concepto de ventas al pie de finca también fueron superiores en esta proporción por concepto de venta de una mayor biomasa a un precio de \$6.0 el kilo para cada especie. El precio utilizado toma en cuenta la venta de tilapia eviscerada según el intervalo de precios dados por INCOPECA dentro de las tarifas de bienes y servicios con el impuesto al valor agregado para el sector pesquero y acuícola de Costa Rica (<https://www.incopesc.go.cr/publicaciones/tarifas/>) y dado que no existe venta de guapotes a nivel comercial en el país, se le dio el mismo precio de las tilapias evisceradas.

El estudio de sensibilidad económica sugiere la utilización del policultivo tilapia: guapote en una proporción 5:1 en lugar de un monocultivo de tilapia o la proporción 10:1 debido a que tiene la mayor rentabilidad (17%) y el doble del superávit en la utilidad bruta (ingresos anuales – costos totales anuales). Además, presenta el punto de equilibrio más bajo para el valor del producto (\$5.1) con un superávit de casi un dólar por kilogramo y una producción en el punto de equilibrio (14 kg) que es superada con mayor amplitud por la biomasa obtenida a la cosecha. No se encontraron mayores diferencias en estos indicadores de sensibilidad económica entre el tratamiento B con una proporción 10:1 tilapia: guapote y el control con el monocultivo de tilapia.

El uso del guapote lagunero (*P. dovii*) como biocontrol de la sobrepoblación de la tilapia azul (*O. aureus*) representa una alternativa viable a la fácil reproducción de la tilapia a temprana edad. Además de ser un controlador, el guapote constituye un ingreso económico atractivo y adicional al generado por la venta de las tilapias. En ese estudio se determinó que la proporción más recomendada de presa: depredador (tilapia: guapote) es de 5:1 en comparación con el monocultivo de tilapia.

#### **Declaración de conflicto de interés de los autores.**

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

#### **Declaración de buenas prácticas en el uso de animales.**

Se siguieron y respetaron las pautas de bioética animal (Chaverri, 2012).

#### **Agradecimientos**

A la empresa Langostinos del Río, San Mateo, Costa Rica, por permitir la investigación en sus instalaciones.

## REFERENCIAS

- Abaho I., Mesembe C., Akoll P., Jones C. (2021). The use of plant extracts to control tilapia reproduction: Current status and future perspectives. *Journal World Aquaculture Society*, 53(3):593-619. <https://doi.org/10.1111/jwas.12863>
- Acosta M., Günther J. (1992). Growth of jaguar cichlid (*Cichlasoma managuense*) juveniles at different oxygen levels. *Uniciencia* 9: 3-5.
- Angulo A., San Gil-León J. (2022). Claves para la identificación de los peces de las aguas continentales e insulares de Costa Rica. Parte II: Cichliformes, Cichlidae (Mojarras, Guapotes, Tilapias y afines). *UNED Research Journal* 14(2):e4029. <https://doi.org/10.22458/urj.v14i2.4029>.
- Barrera R., Paz C. (2006). Control de alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Perciforme: Cichlidae) usando guapote lagunero (*Parachromis dovii*) (Perciformes: Cichlidae) en los estanques de la Universidad Earth. Tesis de pregrado, Universidad Earth, San José, Costa Rica.
- Bedawi R. (2006). Recruitment control and production of market-sized *Oreochromis niloticus* with the predator *Lates niloticus* L. in the Sudan. *Journal of Fish Biology* 26(4):459-464.
- Bonham V. (13 de diciembre de 2022). *Oreochromis niloticus* (Nile tilapia). Obtenido de CABI Compendium: <https://doi.org/10.1079/cabicompium.72086>
- Chaverri F. (2012). Consideraciones sobre bioética, bienestar y maltrato animal en el contexto costarricense. *Revista Mensual sobre la Actualidad Ambiental (Ambientico)*. 225 (1): 4-9
- De Graaf G., Galemoni F., Banzoussi B. (1996). Recruitment control of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, by the African catfish, *Clarias garipinus* (Burchell 1822), and the African snakehead, *Ophiocephalus obscuris*. *Aquaculture* 146(1-2):85-100.
- De Lang C. (08 de January de 2025). Aqua Info. Obtenido de *Parachromis dovii* – Wolf Cichlid: <https://aquainfo.org/article/parachromis-dovii-wolf-cichlid/>
- Dunseth D., Bayne D. (1978). Production and control of overpopulation of *Tilapia aurea* (Steindachner) with the predator *Cichlasoma managuense* (Günther). *Aquaculture* 14(4):383-390.
- Fagbenro O. (2004). Predator control of overpopulation in cultured tilapias and the alternative uses for stunted tilapias in Nigeria. Department of Fisheries, Federal University of Technology, Nigeria.
- FAO (2024). The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in action. Roma: FAO.
- Günther J. (1996a). Crecimiento del guapote lagunero (*Cichlasoma dovii*) en régimen de cultivo intensivo en estanques y su dependencia de la densidad. *Uniciencia* 13:13- 19.
- Günther J. (1996b). Crecimiento del guapote tigre, *Cichlasoma managuense* (Pisces: Cichlidae) bajo régimen de cultivo intensivo en estanques de tierra. *Revista BiologíaTropical* 44(2):813-818.
- Günther J. (2001). Efecto de la temperatura del agua sobre el crecimiento de juveniles del guapote lagunero (*Parachromis dovii*). *Uniciencia* 18:53-55.
- IMN (2024). Pronóstico estacional: junio a agosto de 2024. Instituto Meteorológico Nacional, San José, Costa Rica. <https://www.imn.ac.cr/documents/10179/29808/PerspClima>
- INCOPESCA (2024). Acuicultura en Costa Rica. <https://www.incopesca.go.cr/acuicultura/>

- Lochmann R., Chenyambuga S, Buru J., Mnembuka B., Madalla N., Osewe K. (2009). On farm verification of tilapia-catfish predatory culture. Oregon State University Technical Reports: Investigations 2007-2009, 211-216. [https://aquafishcrsp.oregonstate.edu/sites/aquafishcrsp.oregonstate.edu/files/07mer03pu\\_on\\_farm\\_verification.pdf](https://aquafishcrsp.oregonstate.edu/sites/aquafishcrsp.oregonstate.edu/files/07mer03pu_on_farm_verification.pdf)
- MAG. (1976). Algunos consejos útiles para el cultivo de peces en estanques. Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica.
- Norton D. (2023). Wolf cichlid known as "meanest fish" for an aquarium. *The Aquarist*. [https://www.midfloridanewspapers.com/highlands\\_news-sun/sports/local/wolf-cichlid-known-as-meanest-fish-for-an-aquarium/article\\_366e53ac-f8a0-11ed-bf70-83cf768bf5d6.html](https://www.midfloridanewspapers.com/highlands_news-sun/sports/local/wolf-cichlid-known-as-meanest-fish-for-an-aquarium/article_366e53ac-f8a0-11ed-bf70-83cf768bf5d6.html)
- Pereira, J., Silva, A. (1997). Recruitment control of red tilapia, hybrid of *Oreochromis spp.*, by snook *Centropomus undecimalis* (Bloch 1792) in semi-intensive culture. *Boletim do Instituto de Pesca*, biblio-1464529.
- San Gil-León J., Angulo A. (2021). Xantismo en peces cíclidos (Cichliformes: Cichlidae) costarricenses, y variación ontogenética en *Parachromis dovii*. *UNED Research Journal* 13(1): e3093.
- Tabash, F., Guadamuz, E. (2000). A management plan for the sport fishery of *Parachromis dovii* (Pisces: Cichlidae) in Hule lake, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 48(2- 3), 473-485
- Valverde J., Villalobos Á., Varela Á. (2024). Policultivo de la tilapia azul *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864) con el pocoyo *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844) en estanques. *AquaTechnica* 6(3):154-167.
- Valverde J., Varela A. (2020). Efecto de la densidad de siembra en la productividad y rentabilidad del langostino *Macrobrachium rosenbergii* en la fase de engorde en estanques, Costa Rica. *Revista Investigaciones Veterinarias de Perú* 31(3):e18174.
- Valverde-Chavarría S., Álvarez-González C., Ulloa-Rojas J. (2013). Ontogenia del sistema digestivo del guapote lagunero *Parachromis dovii* durante el periodo larval y selección de ingredientes para su alimentación. En: Cruz-Suárez L. E., Ricque-Marie D., Tapia-Salazar M., Nieto-López M.G., Villarreal-Cavazos D. A., Gamboa-Delgado J., Alvarez-González C. (Eds), Contribuciones Recientes en Alimentación y Nutrición Acuícola, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, pp. 320-355.
- Van den Berghe E., López L., McKaye K., McCrary, J. (1999). El comportamiento y la reproducción del guapote lagunero (*Cichlasoma dovii*: Gunther 1869). *Encuentro* 51:44-50.
- Wang, M., Lu, M. (2016). Tilapia polyculture: a global review. *Aquaculture research* 47(8):2363-2374.
- Wurts W., Davis A., Perschbacher P. R. (2020). Polyculture of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) with blue tilapia (*Oreochromis aurea*): using tilapia progenyas forage. *Journal of Aquaculture & Livestock Production* SRC/JALP-101. [https://doi.org/10.47363/JALP/2020\(1\)101](https://doi.org/10.47363/JALP/2020(1)101).

