

## Policultivo de la tilapia azul *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864) con el pocoyo *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844) en estanques.

## Polyculture of blue tilapia *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864) and Pacific fat sleeper *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844) in ponds.

José Valverde-Moya<sup>1</sup> , Álvaro Montero<sup>2</sup> , Alexander Varela<sup>3</sup> 

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Aprendizaje, Puntarenas, Costa Rica.

<sup>2</sup> Propietario de Langostinos del Río, Alajuela, Costa Rica.

<sup>3</sup> Instituto Tecnológico de Sonora, Sonora, México.

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

Artículo original | Original article

### Palabras clave

Supervivencia  
turbidez  
masa corporal  
densidades  
competencia

**RESUMEN** | El policultivo es una estrategia útil para el desarrollo del cultivo sostenible de peces nativos. El propósito de este estudio fue analizar las interacciones entre juveniles de *Oreochromis aureus* (tilapia azul) y adultos de *Dormitator latifrons* (pocoyos) en estanques rústicos y su influencia en la producción y el crecimiento. Las tilapias con masas promedio iniciales de 4,8±4,9 g (1,6-24,4 g) y pocoyos de 86,3±55,0 g (40,2-197,1 g) fueron utilizados durante la fase experimental realizada en 2 estanques divididos en 3 secciones de 24 m<sup>2</sup>. Se utilizó 3 réplicas en policultivo, compuesto por 34 individuos de *O. aureus* y 42 *D. latifrons* por estanque en densidades iniciales de 1,42/m<sup>2</sup> y 1,75/m<sup>2</sup>, respectivamente; en una proporción de 1,0:1,2 tilapia: pocoyo. Como control, se utilizó, por triplicado, un cultivo de tilapias (4,6±3,5 g) a 1,42/m<sup>2</sup>. Una supervivencia del 98% y mayor producción de biomasa se obtuvieron en el monocultivo. Sin embargo, las tasas de crecimiento no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre el monocultivo y el policultivo. El policultivo de juveniles de la tilapia *O. aureus* y adultos del pocoyo *D. latifrons* resultó en una interacción negativa entre ellos, existiendo competencia por espacio y en el uso de alimentos, lo cual afectó el rendimiento de la producción. Se requiere mayor investigación para elegir las densidades, combinaciones y tamaños relativos de cada especie, de manera adecuada, para la utilización eficiente de los recursos disponibles.

### Keywords

Survival  
turbidity  
body mass  
densities  
competition

**ABSTRACT** | Polyculture is a useful strategy for developing sustainable native fish farming. The purpose of this study was to analyze the interactions between juveniles of *Oreochromis aureus* (blue tilapia) and adults of *Dormitator latifrons* (Pacific fat sleeper-PFS) in earth ponds and their influence on production and growth. Tilapia with average initial masses of 4.8±4.9 g (1.6-24.4 g) and adult PFS of 86.3±55.0 g (40.2-197.1 g) were used during the experimental phase carried out in 2 ponds divided into 3 sections of 24 m<sup>2</sup>. Three replicates were used in polyculture composed of 34 juvenile *O. aureus* and 42 adult *D. latifrons* individuals per pond at initial densities of 1.42/m<sup>2</sup> and 1.75/m<sup>2</sup>, respectively; in a ratio of 1.0:1.2 tilapia: pocoyo. As a control, only tilapia (4.6±3.5 g) at 1.42/m<sup>2</sup> was used in triplicate. A survival of 98% and higher biomass production were found in the monoculture. However, growth rates showed no statistically significant differences between monoculture and polyculture. The polyculture of juveniles of tilapia *O. aureus* and adults of *D. latifrons* had a detrimental effect on production performance, demonstrating a negative interaction, with competition for space and food use. Further research is required to choose the densities, combinations, and relative sizes of these species appropriately for the efficient utilization of available resources.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la acuicultura continental de agua dulce predomina en Costa Rica con énfasis en el cultivo de trucha y tilapia, existiendo producciones significativas de tilapia en la forma de filete fresco hacia mercados internacionales (INCOPESCA 2024). Ambas son especies introducidas (FAO 2024), lo cual deja de lado la producción de peces autóctonos. Una especie nativa, la cual no ha sido aprovechada para consumo humano en Costa Rica, pero si en México y Ecuador, es el pocoyo *Dormitator latifrons* (Valverde y Villalobos 2024). Su análisis proximal y perfil de los lípidos del tejido muscular, tanto en peces silvestres como de cultivo, ha demostrado que es una fuente rica de proteína y ácidos grasos esenciales (Lujan 2018). El mayor problema en la introducción de esta especie en los sistemas de cultivos es la escasez de alevines, lo cual requiere su captura desde

el ambiente, y hasta la fecha no existe información resaltante sobre cómo realizar su reproducción controlada ni el cultivo larval (Valverde *et al.* 2023).

El pocoyo *D. latifrons* habita los ecosistemas de manglares y es usado frecuentemente en fincas camaroneras. Es un producto acuícola prometedor y con gran aceptación (87%), siendo considerada una especie promisoriosa para diversificar la acuicultura a través de cultivos artesanales (Valverde y Villalobos 2024). Tiene un comportamiento omnívoro en los juveniles y herbívoro en los adultos, siendo identificada como una especie con comportamiento politrófico relacionado a su crecimiento y a la disponibilidad de alimento, lo que le permite adaptar su conducta alimenticia a la disponibilidad de alimento conforme crece. Particularmente se ha detectado un comportamiento omnívoro-herbívoro en las hembras y más herbívoro en los machos (Alcívar-Mendoza *et al.* 2023). También es capaz de adaptarse a la alimentación artificial y competir con otras especies modificando sus hábitos de alimentación (Castro *et al.* 2005).

La introducción de peces nativos en sistemas de policultivo con especies de alto valor comercial ha proporcionado una estrategia útil para el desarrollo de una acuicultura sostenible en zonas rurales con escaso mercado regional (Valverde *et al.* 2023). El policultivo es una práctica relevante que busca la diversificación en la acuicultura, donde se puede combinar la cría de peces autóctonos con especies introducidas, lo que permite mejorar la producción y la nutrición. Esta técnica es recomendable para aumentar el rendimiento productivo de dos o más especies permitiendo un aprovechamiento óptimo de los recursos naturales a diferentes niveles de la columna de agua (López y Lora 2024).

El policultivo de las tilapias asociado con otros peces ha sido una técnica ampliamente estudiada (Wang & Lu 2015). Sin embargo, se requieren más esfuerzos para identificar las mejores combinaciones de tilapias dentro de diferentes posibilidades, en función de su efectividad basada en bioensayos y rendimientos de producción (Lecocq 2024). Particularmente, la tilapia azul (*Oreochromis aureus*) se ha utilizado generalmente como la especie principal de cultivo y las demás especies se han agregado para mejorar la calidad del agua, reducir la incidencia de enfermedades, aportar una fuente adicional de alimento y mejorar la economía del sistema en general (Perschbacher 2011). Esta especie es omnívora y puede convertir el alimento natural en proteína de alta calidad, se reproducen fácilmente y llegan al mercado en la temporada de crecimiento. Dentro de su espectro trófico, incluyen principalmente detritus y plantas vasculares. Cuando conviven con otras especies en el mismo ambiente puede existir sobreposición de dietas, y tienden a competir dependiendo de la densidad (más del 10 % de otras especies, representaría una amenaza) (Jiménez-Badillo y Nepita-Villanueva 2000). En policultivo con tilapia, *D. latifrons* sube a la superficie donde se alimenta de los pellets de alimento comercial que flota. Posteriormente, va adquiriendo hábitos alimenticios omnívoros y predominantemente nocturnos propios de la especie, la cual prefiere alimentarse en el fondo de los recintos productivos. Esta conducta alimenticia hace suponer que son capaces de competir con las tilapias en la etapa juvenil, sin mostrar el mismo comportamiento conforme crecen (Valverde *et al.* 2023).

El cultivo de la tilapia *O. aureus* en combinación con el pocoyo *D. latifrons* requiere de ensayos para determinar cómo el crecimiento de las tilapias y su rendimiento de producción es afectado en comparación a un monocultivo de la misma densidad de siembra. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue investigar las interacciones entre juveniles de tilapia azul (*O. aureus*) y adultos del pocoyo (*D. latifrons*) en un policultivo y su influencia sobre el crecimiento y los rendimientos de producción de los peces.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Obtención de los peces

Se utilizaron juveniles de tilapia azul (*Oreochromis aureus*) provenientes de la estación acuícola experimental del Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPECA) en La Rita de Pococí, Limón (10°26'82" N, 83°77'51" O) reversados con hormona 17  $\alpha$ -metil testosterona, y adultos de pocoyo (*D. latifrons*) mantenidos en piletas de concreto de 2,7 m<sup>3</sup> durante tres meses en 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.

## Policultivo experimental

Se utilizaron dos estanques de tierra de 72 m<sup>2</sup> y 0,8 m de profundidad cubiertos con plástico, los cuales fueron modificados y divididos en 3 secciones de 24 m<sup>2</sup>, utilizando red plástica con abertura de malla de 5 cm, fijada en el fondo y las orillas. Los peces se dividieron al azar por tratamiento, usando tres réplicas para el policultivo de tilapias con pocoyos, y tres réplicas en un monocultivo de tilapias; este último fue considerado como control. Los tamaños promedio iniciales para las tilapias juveniles usadas en el cultivo fueron de 4,8 ± 4,9 g (intervalo: 1,6-24,4 g) y pocoyos adultos con promedios iniciales de 86,3±55,0 g (intervalo: 40,2-197,1g). Treinta y cuatro tilapias juveniles y 42 pocoyos adultos fueron sembrados por encierro a densidades de 1,42 ind./m<sup>2</sup> y 1,75 ind./m<sup>2</sup>, respectivamente. La densidad total fue de 3,17 ind. /m<sup>2</sup> y una proporción de 1,2:1,0 pocoyo: tilapia. Las masas iniciales promedio de las tilapias sembradas en el monocultivo fueron de 4,6±3,5 g (dentro del intervalo anterior de masas corporales) a una densidad de 1,42/m<sup>2</sup>.

Los estanques fueron llenados con agua procedente de pozo (pH 6,0; 3,2 mg O<sub>2</sub>/L y 27,7 °C). La calidad del agua fue monitoreada los días 0, 75 y 150. La temperatura y el oxígeno disuelto fueron estimados a través de un oxímetro Hanna, el pH se determinó usando el kit colorimétrico Hach y las concentraciones de nitrógeno amoniacal total (TAN) con un espectrofotómetro YSI 9500, siguiendo los procedimientos indicados por los fabricantes. La turbidez del agua se midió con un disco Secchi dos veces a la semana. Cuando el agua se tornó de coloración verde y turbia (<20 cm), indicando exceso de microalgas, se incrementaron los recambios de agua superficiales, de leves (5%) para reponer las pérdidas por evaporación, a parciales (20%) y mantener una turbidez de 30-40cm. Se utilizó aireación de emergencia en las noches con bombas sumergibles durante este período.

Cada 30 días, la masa corporal de 20 peces capturados al azar fue determinada en una balanza electrónica Ohaus (±0,05 g). Los peces fueron alimentados con una dieta comercial, ajustando la cantidad de alimento por día a la biomasa estimada. En policultivo, las raciones diarias se ajustaron según la biomasa de los peces. Se administró alimento comercial para tilapias marca BIOMAR® con un 30% proteína y 8% de lípidos, el 4% durante el primer mes de cultivo y el 3% hasta la cosecha final. Los peces fueron alimentados dos veces al día (08h:00 y 17h:00).

Los peces fueron cosechados después de 150 días de cultivo capturándolos con redes y atarrayas. Para calcular las tasas de supervivencia y crecimiento, los peces fueron contabilizados y pesados individualmente. La conversión alimenticia se calculó dividiendo la masa total del alimento suministrado por la biomasa final obtenida.

El efecto del policultivo de tilapias con pocoyo y solas sobre los rendimientos de producción se evaluó comparando los promedios ± desviación estándar de la supervivencia (número final/número inicial\*100), la masa final (g), la biomasa total (kg y g/m<sup>2</sup>) y la biomasa ganada (kg). Se utilizaron las siguientes ecuaciones para evaluar el crecimiento y el tamaño de la producción de las especies:

Crecimiento absoluto de la masa corporal (calcula el aumento de masa absoluta de los peces durante el cultivo):

1.  $AM = Mt - Mo$ , donde: AM = Aumento absoluto de la masa (g); Mt= Masa promedio de los peces a la cosecha (g); Mo = Masa promedio de los peces al inicio (g).

La tasa relativa de crecimiento (determina el grado de crecimiento y su efecto sobre la producción):

2.  $TRC = (Mf - Mi / Mi) \times 100$ , donde: TRC = Tasa relativa de crecimiento (%); Mf y Mi =Masa final y masa inicial en cada tratamiento.

Tasa específica de crecimiento de los peces (calcula el porcentaje (%) de la diferencia entre la masa final y la masa inicial, dividido por la duración del cultivo):

3.  $TEC = [(ln Mf - ln Mi) / t] \times 100$ , donde: TEC = Tasa específica de crecimiento (% aumento en masa corporal); ln Mf y ln Mi = logaritmo natural de la masa húmeda final e inicial; t = tiempo en días.

Biomasa final (es el producto de la supervivencia por la masa promedio final):

4.  $Bm = Mt \times Nt$ , donde: Bm = Biomasa final (g); Mt = Masa promedio de los peces en el estanque (g); Nt = Número total de peces al final del estudio.

Índice del tamaño de la producción (combina la producción total [g/m<sup>2</sup>] con la masa promedio final [g] y brinda una medida de la habilidad del sistema para aumentar la producción mientras mantiene la masa):

5.  $ITP = P \times Mf/100$ , donde: P = Producción neta (g/m<sup>2</sup>); Mf = Masa promedio final (g).

Índice de competencia (es un criterio para determinar el grado de competencia entre especies de peces):

6.  $IK = a - b/a$ , donde: IK = Índice de competencia; a = biomasa del monocultivo (g); b = biomasa del policultivo (g).

### Análisis estadísticos

La evaluación estadística se realizó sobre los datos de las masas y TEC mensuales, la supervivencia, la biomasa final y ganada, la masa corporal final y las ITP y TRC comparando los tratamientos y el control mediante la prueba “t de Student” de las medias de los grupos, para dos muestras pareadas con 2 grados de libertad. La significancia estadística entre las medias de los dos grupos se estableció a  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

### Parámetros de la calidad del agua

Los estanques se mantuvieron con los parámetros de la calidad del agua medidos al inicio de la siembra, a mitad del ciclo (75 días) y al final del cultivo (150 días). Los resultados son presentados en la tabla 1.

**Tabla 1.** Parámetros fisicoquímicos del agua de cultivo en estanques usando tilapias (*Oreochromis aureus*) con y sin pocoyos al inicio (0 d), a mitad (75 d) y al final del ciclo de cultivo (150 d), obteniéndose los promedios con su respectiva desviación estándar (DE).

**Table 1.** Physicochemical parameters of pond culture water using tilapia (*Oreochromis aureus*) with and without Pacific fat sleeper at the beginning (0 d), midway (75 d) and end of the culture cycle (150d), obtaining the averages with their respective standard deviation (SD).

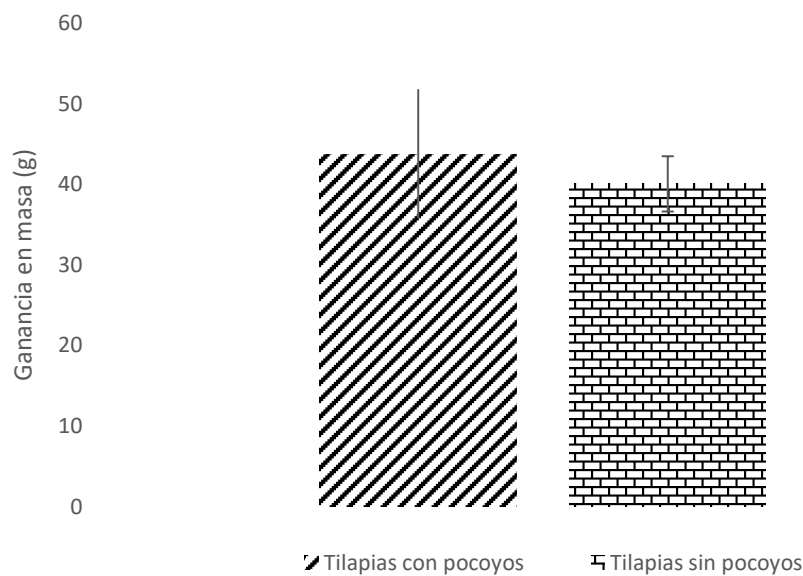
Tiempo de cultivo/ tratamiento	Oxígeno disuelto (mg/L)	pH	Temperatura (°C)	TAN (mg/L)	NH <sub>3</sub> (mg/L)
<b>Inicial (0 d)</b>					
Tratamiento	2,5	6,2	28,5	0,6	0,001
Control	2,3	6,2	28,6	0,4	0,000
<b>Mitad (75 d)</b>					
Tratamiento	4,6	6,1	28,2	2,1	0,002
Control	4,8	6,0	27,8	1,5	0,001
<b>Final (150 d)</b>					
Tratamiento	5,2	7,5	27,9	1,9	0,041
Control	5,0	7,5	27,5	1,6	0,033
<b>Promedios (±DE)</b>					
Tratamiento	4,1±1,4	6,6±0,8	28,2±0,3	1,5±0,9	0,015±0,023
Control	4,0±1,5	6,6±0,8	28,0±0,6	1,1±0,6	0,011±0,019

Los niveles de oxígeno disuelto fueron más altos al final del cultivo (150 d) que en las mediciones anteriores. Los valores bajos de oxígeno disuelto al inicio se fueron elevando conforme el agua se fue tornando turbia (color verde), sin llegar a provocar situaciones de estrés detectable ni mortalidad. Los niveles de pH también fueron más altos en 150 d como producto de la mayor fotosíntesis en las aguas verdes. La temperatura presentó un promedio de 28,1°C con intervalo de 27,5 a 28,6 °C. El nitrógeno amoniacal total (TAN) y amoníaco (NH<sub>3</sub>) incrementaron conforme transcurrió el cultivo, alcanzando valores más altos a mitad del ciclo (75 d). Los promedios de TAN y NH<sub>3</sub> fueron más altos en el tratamiento que en el control probablemente debido a la mayor cantidad de organismos presentes y las mayores cantidades de alimento suplementario aplicadas. La turbidez del agua difirió ligeramente entre estanques encontrándose un valor promedio de 40 cm en el estanque control y 30 cm en el del tratamiento.

## Datos de producción

Los parámetros zootécnicos, tanto para el control en monocultivo de tilapias como para el tratamiento en policultivo con pocoyos, se presentan en la Tabla 2. Se observan diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) en la supervivencia de las tilapias siendo superior en monocultivo que en policultivo. Los valores fueron de  $98,0 \pm 1,7\%$  y  $70,6 \pm 15,6\%$ , respectivamente. Las tilapias cosechadas en monocultivo presentaron rendimientos estadísticamente superiores en la biomasa ganada ( $1332,0 \pm 88,9$  g), biomasa final ( $1489,8 \pm 88,9$  g) y biomasa neta ( $62,07 \pm 3,70$  g/m<sup>2</sup>) con respecto al policultivo ( $970,6 \pm 44,6$  g,  $1134,7 \pm 44,6$  g y  $47,28 \pm 1,86$  g/m<sup>2</sup>, respectivamente). No obstante, con la adición de  $47,3$  g/m<sup>2</sup> de tilapias al sistema de policultivo con pocoyos, se presentó un rendimiento neto combinado mayor ( $171,9$  g/m<sup>2</sup>) que en el monocultivo ( $62,1$  g/m<sup>2</sup>).

Al momento de la cosecha, la tilapia promedió una masa corporal de  $48,46 \pm 8,03$  g y  $44,73 \pm 3,40$  g con y sin pocoyos, respectivamente, sin diferencias estadísticamente significativas entre los 2 sistemas ( $p > 0,05$ ). Los resultados también mostraron que, bajo las condiciones experimentales descritas, no hubo diferencias significativas en el crecimiento absoluto de la masa corporal de *O. aureus* con ( $43,63$  g) y sin ( $40,09$  g) *D. latifrons* ( $p > 0,05$ ) (Figura 1).



**Figura 1.** Crecimiento absoluto de la masa corporal de *Oreochromis aureus* (tilapias) con y sin *Dormitator latifrons* (pocoyos).

**Figure 1.** Absolute body mass growth of *Oreochromis aureus* (tilapia) with and without *Dormitator latifrons* (pocoyos).

**Tabla 2.** Parámetros promedios de producción en encierros dentro de estanques usando tilapia azul (*Oreochromis aureus*) sin y con *Dormitator latifrons*.**Table 2.** Average production parameters in enclosures inside ponds using blue tilapia (*Oreochromis aureus*) without and with *Dormitator latifrons*.

Parámetro	<i>Oreochromis aureus</i> sin <i>Dormitator latifrons</i>	<i>Oreochromis aureus</i> con <i>Dormitator latifrons</i>
<b>Datos de siembra</b>		
Tilapias		
Cantidad inicial (#/encierro)	34	34
Densidad de siembra (#/m <sup>2</sup> )	1,42	1,42
Masa inicial (g)	4,64 ± 3,48	4,83 ± 4,94
Biomasa inicial (g)	157,8	164,1
Pocoyos		
Cantidad inicial (#/encierro)		42
Densidad de siembra (#/m <sup>2</sup> )		1,75
Masa inicial (g)		86,26 ± 55,01
Biomasa inicial (g)		3622,9
<b>Datos de cosecha</b>		
Tilapias		
Supervivencia (%)	98,0 ± 1,7 <sup>a</sup>	70,6 ± 15,6 <sup>b</sup>
Densidad final (#/m <sup>2</sup> )	1,39	1,00
Masa final (g)	44,73 ± 3,40 <sup>a</sup>	48,46 ± 8,03 <sup>a</sup>
Pocoyos		
Supervivencia (%)		79,4 ± 3,6
Densidad final (#/m <sup>2</sup> )		1,39
Masa final (g)		86,17 ± 16,08
<b>Conversión alimenticia</b>		
Tilapias		
Aplicación de alimento (g)	2066,7	
Conversión alimenticia	1,4	
Tilapias y pocoyos		
Aplicación de alimento (g)		17437,6
Conversión alimenticia		4,2
<b>Ganancia en peso</b>		
Tilapias		
AM (g)	40,09	43,63
Crecimiento (g/sem)	2,00	2,18
TRC (%)	864,1 ± 73,3	903,3 ± 166,3
TEC (%/d)	1,51 ± 0,05 <sup>a</sup>	1,53 ± 0,13 <sup>a</sup>
Biomasa ganada (g)	1332,0 ± 88,9 <sup>a</sup>	970,6 ± 44,6 <sup>b</sup>
Pocoyos		
AM (g)		3,28
Crecimiento (g/sem)		0,16
TRC (%)		3,8 ± 17,8
TEC (%/d)		0,08 ± 0,06
Biomasa perdida (g)		-312,5 ± 163,4
<b>Datos de producción</b>		
Tilapias		
Biomasa final (g)	1489,8 ± 88,9 <sup>a</sup>	1134,7 ± 44,6 <sup>b</sup>
Biomasa neta (g/m <sup>2</sup> )	62,07 ± 3,70 <sup>a</sup>	47,28 ± 1,86 <sup>b</sup>
ITP	27,8 ± 3,7 <sup>a</sup>	22,8 ± 3,0 <sup>a</sup>
Pocoyos		
Biomasa final (g)		2991,3 ± 564,7
Biomasa neta (g/m <sup>2</sup> )		124,6 ± 23,5
ITP		113,9 ± 38,6
<b>Producción combinada (tilapias + pocoyos)</b>		
Densidad final (#/m <sup>2</sup> )		2,39
Biomasa final (g)		4126
Biomasa neta (g/m <sup>2</sup> )		171,9

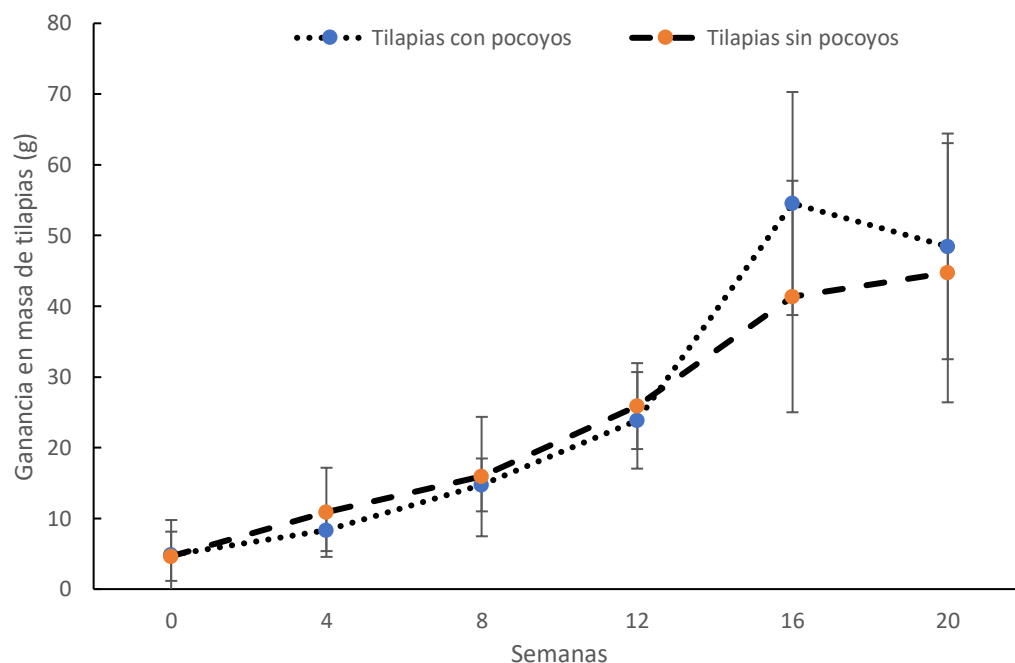
Los valores promedio con diferentes letras de superíndice en la misma fila fueron significativamente diferentes (p < 0,05).

El consumo total de alimento para pocoyos y tilapias combinados fue de 17437,6 g y sin pocoyos de 2066,7 g. Considerando las biomásas finales a la cosecha, las conversiones alimenticias fueron de 4,2 y 1,4, respectivamente. Por su parte, el índice del tamaño de la producción (ITP) no mostró diferencias estadísticamente significativas entre el monocultivo y el policultivo. El índice de competencia (IK) obtenido para la tilapia fue de  $(1489,8 - 1134,7 / 1489,8) 0,24$ .

### Crecimiento

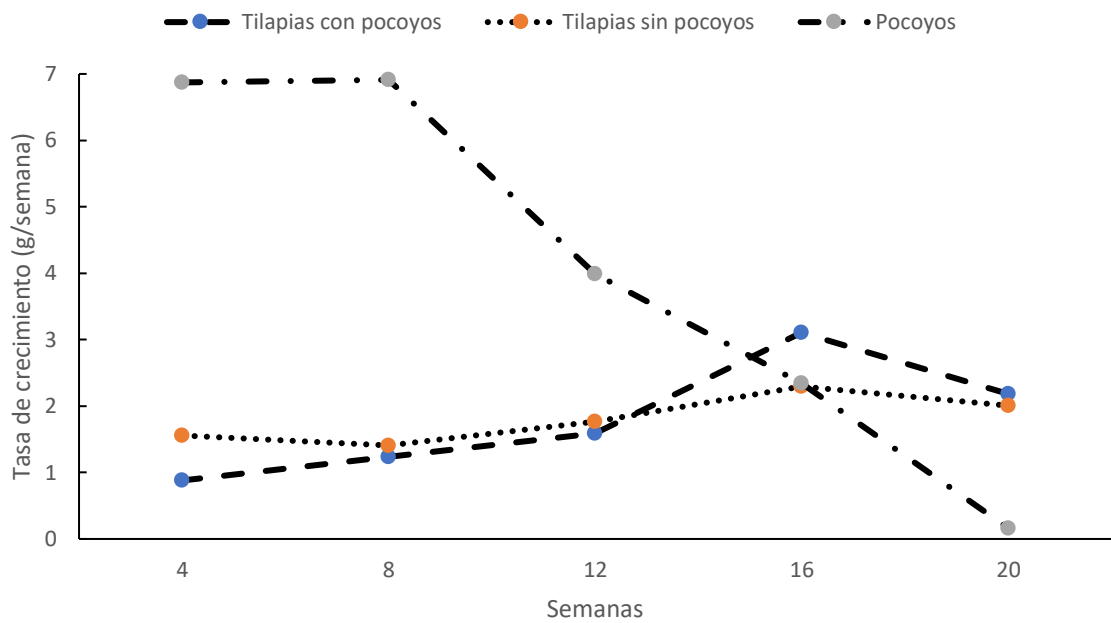
El crecimiento de la masa corporal de las tilapias con y sin pocoyos aumentó con el tiempo con valores de 2,18 y 2,00 g/semana, respectivamente; mientras que fue casi nulo (0,16 g/semana) para el pocoyo (Tabla II). En términos de la TRC (%), los valores fueron  $903,3 \pm 166,3$  y  $864,1 \pm 73,3$  con y sin pocoyos, respectivamente, siendo prácticamente nula ( $3,8 \pm 17,8$ ) para los pocoyos. Mientras tanto, la TEC (%/d) fue de  $1,51 \pm 0,05$  en monocultivo y  $1,53 \pm 0,13$  en policultivo, sin diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) y casi nula para los pocoyos ( $0,08 \pm 0,06$ ).

El desempeño del monocultivo y el policultivo de *O. aureus* y *D. latifrons* en estanques de producción sobre la ganancia en masa corporal se muestra en la Figura 2. Se nota un aumento en las tilapias durante el ciclo de cultivo en ambos sistemas. Solo se aprecia una disminución de la tilapia en policultivo a partir de la semana 16 hasta el final de la fase experimental llegando a ser similares en ambos casos. Estos resultados se reflejan en la tasa de crecimiento semanal de las tilapias (Figura 3). En esta figura se incluye el crecimiento semanal de los pocoyos pudiendo observarse que los adultos pasaron de una tasa de crecimiento de 7 g/semana hasta la semana 8, cuando decayó a 4,0 g/semana en semana 12, 2,5 g/semana en semana 16 y un crecimiento prácticamente nulo al final del cultivo.



**Figura 2.** Ganancia en masa corporal de la tilapia azul (*Oreochromis aureus*) con y sin pocoyos (*Dormitator latifrons*). Las líneas verticales indican la desviación estándar de los datos.

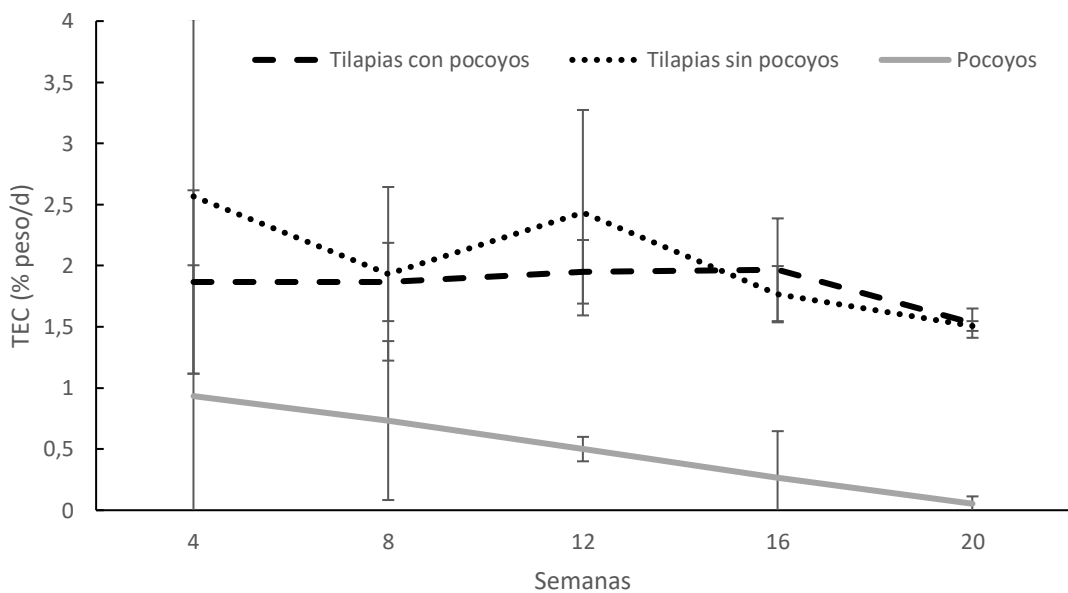
**Figure 2.** Mass gain of blue tilapia (*Oreochromis aureus*) with and without Pacific fat sleeper (*Dormitator latifrons*). Vertical lines indicate the standard deviation of the data.



**Figura 3.** Tasa de crecimiento semanal de la tilapia azul (*Oreochromis aureus*) con y sin pocoyos (*Dormitator latifrons*) y de los pocoyos.

**Figure 3.** Weekly mass growth rate of blue tilapia (*Oreochromis aureus*) with and without Pacific fat sleeper (*Dormitator latifrons*), and Pacific fat sleeper.

El crecimiento específico de tilapia se muestra en la Figura 4. Se nota que las tilapias con y sin pocoyos no tuvieron diferencias en la TEC en el transcurso del cultivo, aunque se aprecia un leve decaimiento al final en ambos casos. Una TEC considerablemente más baja (<1 % g/d) se presentó en los pocoyos, desde la siembra hasta el final del cultivo.



**Figura 4.** Tasa específica de crecimiento de las tilapias azules (*Oreochromis aureus*) con y sin pocoyos (*Dormitator latifrons*) en similares densidades de siembra y de los pocoyos.

**Figure 4.** Specific growth rate of blue tilapia (*Oreochromis aureus*) with and without Pacific fat sleeper (*Dormitator latifrons*) at similar stocking densities and Pacific fat sleeper.

## DISCUSIÓN

Este estudio se llevó a cabo en estanques de pequeñas dimensiones (estanques rústicos) abastecidos con agua de pozo y complementados con agua de las lluvias para reponer las pérdidas por evaporación. Estos estanques son de fácil instalación y manejables durante los meses más lluviosos del año (García *et al.* 2004). En términos generales, la calidad del agua al inicio, a mitad y al final del ciclo de cultivo, fue adecuada para el cultivo de peces tropicales de agua dulce bajo el sistema experimentado (Mara *et al.*, 2003). El oxígeno disuelto (4,0 mg/L), el pH de 6,6, la temperatura de 28°C y la concentración de amoníaco en 0,011 mg/L constituyen condiciones óptimas para el cultivo de *Oreochromis aureus*. En este estudio no se percibieron los posibles beneficios de la tilapia azul en el policultivo sobre la calidad del agua, como la reducción del pH y del TAN, observables en otras investigaciones usando esta tilapia en jaulas flotantes con el bagre de canal (Perschbacher 2011).

Los datos de siembra muestran que las densidades bajas (<2,0/m<sup>2</sup>) utilizadas en el policultivo (1,75 ind./m<sup>2</sup> para pocoyos y 1,42 ind./m<sup>2</sup> para tilapias) fueron aptas para sistemas extensivos y semi intensivos de cultivo. La densidad adecuada de peces bajo condiciones de policultivo se ha estimado de 1,0 a 1,5 ind./m<sup>2</sup>, siendo el óptimo para la tilapia de 0,3 a 0,5 ind./m<sup>2</sup> debido a que su tasa de crecimiento disminuye con el aumento de densidad de población (Mara *et al.*, 2003). Juveniles de tilapia azul (*O. aureus*) con un peso promedio de 0,5 g y sembrados a 0,025 y 0,075 ind./m<sup>2</sup> en estanques con bagre de canal (*Ictalurus spp.*) en una densidad combinada de 1,0 ind./m<sup>2</sup>, crecieron hasta alcanzar un tamaño de cosecha promedio cercano a los 0,45 kg al cabo de 167 días de cultivo (Morrison *et al.*, 1995). La tilapia *O. aureus* se ha cultivado con la carpa común, la carpa plateada y el salmonete en densidades de 1,0 a 3,0 peces/m<sup>3</sup>, recomendándose una densidad de 2,0 ind./m<sup>3</sup> para estos peces (Mara *et al.* 2003). Densidades ligeramente superiores (3,2 ind./m<sup>3</sup>) se han logrado con tilapia en policultivo con *D. latifrons* y otras especies como la cachama (*Colossoma macropomum*) durante seis meses y con una dieta balanceada, cuando se ha mantenido un recambio constante de agua que ha favorecido su buena calidad (López y Lora 2024).

Bajo un potencial esquema de producción comercial, los juveniles de tilapia reversados con hormonas serían obtenidos de estaciones acuícolas acreditadas y los pocoyos serían extraídos del ambiente natural. No obstante, debido a la escasez de estos últimos, sobre todo en la época seca del año y tomando en cuenta que la recolección de peces silvestres puede tener consecuencias ecológicas negativas, estos se pueden obtener de fincas camaroneras. Los pocoyos asociados al cultivo de camarón durante las cosechas no se aprovechan para consumo ni otros usos en Costa Rica (Ramírez & Boza 2019). La crisis de la industria del camarón en Latinoamérica en los últimos 2 años (Olivares, 2024) requiere alternativas de producción y una de ellas puede ser la venta de pocoyos como semilla para la producción en estanques de cultivo. Son juveniles avanzados y adultos de tamaño disperejo similar a los utilizados en este estudio.

En este estudio se utilizó una proporción de 1,2:1,0 pocoyo: tilapia en policultivo y para conocer si es una proporción eficiente, conviene compararla con otros estudios. Una proporción 1:4 de *O. aureus* y el bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) en jaulas flotantes benefició la calidad del agua y el crecimiento de la tilapia por el consumo de desechos del bagre evitando la competencia por el alimento y la reproducción de tilapia (Perschbacher 2011). La proporción utilizada en este estudio significa un 55% *D. latifrons* y un 45% *O. aureus*. Esta es similar a la de otros estudios con la carpa *Cyprinus carpio* (40%) y *O. aureus* (60%). En comparación con el monocultivo de ambas especies, el policultivo en esa proporción dio los mejores rendimientos de producción (126,1 kg/m<sup>3</sup>) en un sistema recirculado al cabo de 291 días utilizando tilapias de 7,1 g de masa corporal (Papoutsoglou *et al.*, 1992). Proporciones de *Oreochromis niloticus* con un 4% y 8% de carpa plateada (*Hypophthalmichthys molitrix*) mejoró la tasa de crecimiento, la eficiencia alimenticia y la producción total durante 124 días de policultivo (Mehrim *et al.*, 2016). Se necesita más investigación para determinar los porcentajes adecuados en policultivo dependiendo de la especie y la edad, así como una buena comprensión de su etología, controlada principalmente por la conducta y hábitos alimenticios (Papoutsoglou *et al.* 1992). Según Palma-Cancino *et al.* (2020), en el policultivo de *D. latifrons* y la tilapia nilótica (*O. niloticus*) bajo condiciones tropicales, se requieren más estudios con diferentes densidades y proporciones de las especies para desarrollar un sistema de producción sostenible.

Los datos de cosecha muestran que la biomasa de tilapia en monocultivo y policultivo con *D. latifrons* estuvo influenciada por la supervivencia. La competencia entre las especies pudo influir en la menor supervivencia de las

tilapias con pocoyos (71%) que sin ellos (98%). Las tilapias rojas con pocoyos y langostinos tuvieron una supervivencia relativamente mayor (80%), pero inferior al 98% alcanzado por las tilapias azules cuando se sembraron solas (Valverde *et al.* 2023). En otros estudios, las supervivencias para ambas especies solas han sido del 98 al 100% (Basto-Rosales *et al.* 2019) bajo diferentes condiciones y mayores densidades de siembra. Estos resultados sugieren que la tilapia azul en policultivo con adultos de *D. latifrons*, mostró que su supervivencia fue comprometida en las densidades de siembra utilizadas, lo cual demuestra que la coexistencia entre ambas especies no es pacífica cuando se encuentran en policultivo en las proporciones utilizadas.

La biomasa ganada, final y neta de las tilapias en monocultivo fueron superiores al policultivo con diferencias estadísticamente significativas al cosecharse mayor cantidad de tilapias al final del cultivo. El valor de la biomasa de tilapia está determinado principalmente por la tasa de supervivencia y la densidad de población, obteniéndose mayores rendimientos de producción como ha ocurrido con otras especies de peces (Nurfadillah *et al.* 2022). A pesar de ello, los peces en el policultivo aumentaron la biomasa con un efecto positivo en el rendimiento de producción cuando se compara con el monocultivo. La productividad del policultivo, en términos de la biomasa alcanzada, es considerablemente más alta que en monocultivo al sembrarse y cosecharse mayor cantidad de organismos (Valverde *et al.* 2023). El sistema de policultivo aplicado fue más productivo al generar dos especies de peces simultáneamente como ha ocurrido con la tilapia (*O. niloticus*) y el pez lemeduk (*Barbonymus schwanenfeldii*) en jaulas flotantes (Nurfadillah *et al.* 2022).

Considerando el crecimiento absoluto de la masa corporal de *O. aureus* con (43,63 g) y sin (40,09 g) *D. latifrons* en este estudio, no se observó diferencia significativa, lo que representa que las tilapias criadas por un sistema de policultivo con *D. latifrons* no difirieron en comparación con el monocultivo. Esto sugiere que el crecimiento de las tilapias no se mejoró con las condiciones del policultivo en las proporciones y tamaños iniciales utilizados. El aumento en masa corporal del policultivo fue similar al alcanzado (49,2 g) por la tilapia roja del estudio previo (Valverde *et al.* 2023) con *D. latifrons* bajo similares condiciones de cultivo. Por tanto, el policultivo de *O. aureus* con *D. latifrons* no mostró un efecto significativo en el aumento de la masa corporal, por lo que se puede concluir que el monocultivo es la mejor opción para cada una de estas especies en términos del crecimiento absoluto.

Las tilapias mostraron crecimiento tanto en monocultivo como en policultivo relacionado a la disponibilidad del alimento artificial. Se utilizó alimento comercial extruido (pellets flotantes) para tilapia con 30% de proteína del 3 al 4% de la biomasa estimada para tilapias y ambas especies en policultivo. Es un alimento exclusivo para tilapias que satisface sus necesidades nutricionales para el crecimiento. Las elevadas conversiones alimenticias en policultivo (4,2) con respecto al monocultivo (1,4) muestran que con la adición de *D. latifrons* hubo una baja utilización del alimento, a pesar de darse en mayores cantidades considerando la biomasa de ambas especies. El tipo de alimento también pudo influir en las elevadas conversiones alimenticias encontradas. Cuando se aplica alimento flotante, son principalmente las tilapias las que se alimentan de este en la superficie del agua, como fue fácilmente observado a simple vista. Mientras tanto, en el fondo del estanque, los adultos de *D. latifrons* no lograron alimentarse de los sobros de alimento por la agresividad de las tilapias en la alimentación. Otras especies de tilapia como *O. niloticus* parecen ser biológicamente más factibles para el policultivo con *D. latifrons* porque no se ha observado esa agresividad con peces nativos durante la alimentación (Tahoun *et al.* 2013). Cuando la tilapia se cultivó con otros peces capaces de capturar el alimento en la columna de agua, mientras esta se alimentaba en la superficie, no se detectó competencia en diferentes densidades de población (Nurfadillah *et al.* 2022).

Como *D. latifrons* habita el fondo de los estanques, tuvo un bajo consumo de alimento formulado lo que los obligó a buscar fuentes adicionales de nutrientes las cuales no fueron suficientes para satisfacer sus necesidades nutricionales. Los pellets flotantes siguen dominando la alimentación de las tilapias por lo que deben investigarse otros tipos de alimentos hundibles y caseros cuando se trate de policultivos con *D. latifrons*. La alimentación suplementaria con alimento comercial para peces dentro del esquema de producción en policultivo es importante para complementar la producción natural de alimentos y promover un mejor crecimiento de los peces (Dubey *et al.* 2024).

Los valores del índice del tamaño de la producción (ITP) sugieren que en el sistema no se presentó un aumento evidente en la producción de tilapias en policultivo con respecto al monocultivo. Por su parte, un valor positivo del índice de competencia (IK) muestra que, en el policultivo aplicado, la presencia de *D. latifrons* afectó a la tilapia

*O. aureus* en términos de competencia por espacio y alimento. Esta competencia interespecífica hace suponer que se alimentaron en el mismo nicho ecológico y que la alimentación suplementaria no fue suficiente para proporcionar el alimento requerido para todos los peces.

La proporción de pocoyos del 55% de la población pudo haber representado una amenaza para la tilapia *O. aureus*, sobre todo si interfirieron con sus hábitos alimenticios y de espacio en el fondo del estanque. Con otras especies de tilapia, como *O. niloticus*, peces nativos de conducta alimenticia similar a los pocoyos en una proporción del 50 al 67% dieron los mejores resultados en términos de crecimiento y producción (Nurfadillah *et al.* 2022). En otros estudios, no obstante, las combinaciones de *O. niloticus* con *H. molitrix* al 12 % dieron los mejores resultados con respecto al monocultivo (Mehrim *et al.* 2016). Se requieren más estudios para determinar las proporciones óptimas de siembra de las especies en policultivo dependiendo de las fuentes de alimentación y comprender las complejas interacciones entre los diferentes niveles tróficos en el estanque (superficie, columna y fondo), su ecología y la competencia intra e interespecífica de las especies (Dubey *et al.* 2024). Se recomienda en posteriores estudios plantear diferentes proporciones de pocoyos con respecto a las tilapias hasta encontrar la más indicada en términos de producción y crecimiento. La densidad de la población también debe ser equilibrada para que los peces en policultivo puedan aprovechar el alimento natural disponible, sobre todo si son herbívoros y detritívoros.

Los datos de crecimiento muestran que este fue lento para las tilapias con y sin pocoyos, sin mostrar diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) con valores de 2,18 y 2,00 g/semana, respectivamente, y prácticamente nulo (0,16 g/semana) para los pocoyos. Se considera lento para esta especie de tilapia porque es similar al que tuvo diariamente (2,23 g/d) en policultivo con el bagre de canal *Ictalurus punctatus* al cabo de 6 meses, alcanzando masas corporales de 412,8 g (Perschbacher 2011). La tasa de crecimiento de *O. niloticus* fue de 3,64 g/semana en monocultivo y un promedio de 4,43 g/semana bajo diferentes combinaciones en policultivo con la carpa plateada *H. molitrix* en jaulas flotantes (Mehrim, 2016). Según el mismo autor, de varias especies que se han cultivado en policultivo con *O. niloticus* en estanques, la carpa plateada ha dado los valores máximos en términos de la tasa de crecimiento de las tilapias.

Los valores de la TRC para tilapias fueron de 903% con y 864% sin pocoyos demostrando la existencia de crecimiento en ambos casos y poco efecto sobre la producción del policultivo con respecto al monocultivo. Estos valores son superiores al monocultivo (336%) y policultivo (409%) de *O. niloticus* con la carpa plateada en diferentes proporciones en jaulas flotantes (Mehrim *et al.* 2016), al de la tilapia roja (346%) en policultivo con *D. latifrons* y langostinos (Valverde *et al.*, 2023) y al de *O. niloticus* en monocultivo (464%) y policultivo (614%) en 3 combinaciones con el pez Lemeduk (*B. schwanefeldii*) en jaulas flotantes (Nurfadillah *et al.* 2022). La TRC de la tilapia azul no estuvo relacionada a la densidad de población ya que fue similar con o sin pocoyos, existiendo más peces en el primer caso. Estudios con *O. niloticus* han encontrado los mejores crecimientos en la menor densidad de la población (Mehrim *et al.* 2016) y se ha observado que al aumentar la densidad de población se disminuye significativamente el crecimiento de la masa corporal de la tilapia (Hassan *et al.* 2008).

La TEC muestra la existencia de crecimiento para las tilapias siendo de 1,51 %/d en monocultivo y 1,53 %/d en policultivo, sin diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ), mientras que fue casi nula para los pocoyos (0,08 %/d). Los valores en tilapias son superiores a los obtenidos para *O. niloticus* sola (1,18 %/d) y en combinación (1,31 %/d, promedio) con la carpa plateada en diferentes proporciones en jaulas flotantes (Mehrim *et al.* 2016). También es superior al de la tilapia roja (0,88 %/d) con *D. latifrons* en un estudio previo (Valverde *et al.* 2023). El valor de la TEC ha dependido de la proporción de las especies y con un 50% de *O. niloticus* con el pez Lemeduk ha sido mayor (3,83 %/d) (Nurfadillah *et al.* 2022) a la de este estudio. El crecimiento es un componente importante de la ecología de los peces, aunque es muy variable porque depende de las condiciones ambientales y de la calidad del agua (Mehrim *et al.* 2016).

La fluctuación de la ganancia en masa corporal, la tasa de crecimiento semanal y la TEC en el transcurso del cultivo mostraron una tendencia ascendente para las tilapias con y sin pocoyos hasta darse un decaimiento en las últimas 4 semanas, sobre todo en las tilapias con pocoyos. Los más afectados fueron los pocoyos, los cuales mostraron una clara caída en el crecimiento a partir de la semana 8 hasta el final del cultivo experimental. Esta

tendencia negativa en el crecimiento de las tilapias y los adultos de *D. latifrons* muestra que en un sistema de policultivo ambas especies se vieron afectadas por la falta de sinergia entre ellas. Por tanto, el policultivo de *O. aureus* con *D. latifrons* tuvo un efecto perjudicial en el crecimiento de los peces lo que sugiere una interacción negativa entre ellos, existiendo competencia por espacio y alimento en las proporciones y pesos inicialmente utilizados. La mayor competencia se da a la hora de la alimentación siendo las tilapias muy activas y agresivas al alimentarse sin quedar alimento disponible para los pocoyos en el recinto productivo.

## CONCLUSIONES

La combinación de juveniles de *Oreochromis aureus* monosexo con adultos de *Dormitator latifrons* al 55% en policultivo muestra resultados significativos con el monocultivo de las tilapias. La competencia por espacio y el uso de alimentos en el policultivo pueden ser factores preponderantes en el crecimiento de los peces. Por lo tanto, de acuerdo con la mayor sobrevivencia y rendimiento productivo, no se recomienda cultivar estos peces de manera comercial en este sistema, siendo el monocultivo la mejor opción.

La información generada de este estudio es importante para consolidar paquetes tecnológicos para el policultivo de ambas especies, con énfasis en la utilización del alimento, la calidad del agua, el rendimiento productivo, la ganancia económica y la sostenibilidad del cultivo. Se requieren más estudios con diferentes densidades y proporciones para desarrollar un sistema de producción sostenible de peces autóctonos como el pocoyo *D. latifrons* en combinación con peces de mayor valor comercial como las tilapias para el establecimiento de una acuicultura rural con mercado regional.

### 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.

### Agradecimientos

A la empresa Langostinos del Río por permitir la investigación en sus instalaciones.

## REFERENCIAS

- Alcívar-Mendoza L., Cruz-Quintana Y., Santana-Piñeros A., Muñoz-Chumo L. (2023). Descripción morfológica del tracto digestivo de *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844) y comparación por estadios y sexos. *AquaTechnica* 5(2):104-115. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8231494>
- Basto-Rosales M., Rodríguez-Montes de Oca G., Carrillo-Farnés O., Álvarez-González G., Badillo-Zapata D., Vega-Villasante F. (2019). Crecimiento de *Dormitator latifrons* bajo diferentes densidades en tanques de concreto. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 22:499-503.
- Castro R.A.G. (2005). Conversión alimenticia en engordas puras y mixtas de Popoyote (*Dormitator latifrons* Richardson) en estanques de cemento. *Revista AquaTIC* 23:45-52. <http://www.revistaaquatic.com/ojs/index.php/aquatic/article/view/221/209>.
- Dubey S., Padiyar A., Chadag V., Shenoy N., Gaikwad A., Charan B., Belton, B. (2024). Scaling community-based aquaculture for enhanced nutrition and women's empowerment: lessons from Odisha, India. *Front. Sustain. Food Syst.* 8:1412686. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1412686>.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (3 de septiembre de 2024). Costa Rica. <https://www.fao.org/fishery/en/countrysector/cr/es>

- García J. A. R. (2004). Efecto del sistema de producción sobre la calidad sensorial de filete ahumado de trucha arco iris, *Oncorhynchus mykiss* Richardson. *Hidrobiológica* 14(1):14 (1): 55-60
- Hassan A., Sayed S., Ibrahim E. (2008). Effects of stocking rates and supplementary feed on the growth performance of blue tilapia (*Oreochromis aureus*) and grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) reared in earthen ponds. 8<sup>th</sup> International Symposium on Tilapia in Aquaculture 2008, pp. 949-964
- INCOPECSA. (11 de 9 de 2024). INCOPECSA. <https://www.incopescsa.go.cr/acuicultura/>
- Jiménez-Badillo M., Nepita-Villanueva M. (2000). Espectro trófico de la tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) en la presa Infiernillo, Michoacán-Guerrero, México. *Rev. Biol. Trop.* 48(2-3):487-494
- Lecocq, T. A. (2024). Stronger together: A workflow to design new fish polycultures. *Reviews in Aquaculture*, <https://doi.org/10.1111/raq.12903>
- López S., Lora M. (2024). Polyculture in three sowing densities of *Colossoma macropomum* “gamitana” and *Oreochromis* spp. (*O. niloticus* var. Stirling x *O. aureus*) “hybrid tilapia” in an intensive system. *International Journal of Scientific and Technical Research in Engineering* 9(1):9-21.
- Lujan M. (7 de diciembre de 2018). Calidad nutricional del monengue o chame silvestre y de cultivo: *Aquahoy revista digital en acuicultura*. <https://aquahoy.com/calidad-nutricional-del-monengue>
- Mara I., Gabr H. Akarj, A. (2003). Fish polyculture as affected by culture season, stocking density and breed, under subtropical conditions of Egypt. *Indian Journal of Animal Sciences* 73(2):204-208.
- Mehrim A., Refaey M., El-Sheibly A., Behery, M. (2016). Impact of mono or polyculture systems on water quality, growth performance and economic efficiency of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) and *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844). *Egypt. J. Aquat. Biol. Fish.* 20(1):77-90. <https://doi.org/10.21608/ejabf.2016.2288>
- Morrison J., Deavours W., Jones J., Tabb M. (1995). Maximizing First-Year Growth of Mixed-Sex Blue Tilapia *Oreochromis aureus* in Polyculture with Catfish *Ictalurus* spp. *Journal of the World Aquaculture Society*, 26(4), 447-452., <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1995.tb00841.x>.
- Nurfadillah N., Hasri I., Fahma F. (2022). Polyculture of tilapia (*Oreochromis niloticus*) and lemeduk (*Barbonymus schwanenfeldii*) in floating net cages as a strategy for utilizing natural food. E3S Web of Conferences 339, 01008 (2022) 10thICMR-2ndINSAEF.
- Olivares, I. (14 de junio de 2024). Crisis de la industria del camarón: Cierran empresas y granjas. *Confidencial*, pág. <https://confidencial.digital/economia>.
- Palma-Cancino D., Vega-Villasante F., Vargas-Ceballos M., Álvarez-González C., Martínez- García R., Badillo-Zapata D., Chong-Carrillo O. (2020). First findings on bioeconomic feasibility of the polyculture of Pacific fat sleeper (*Dormitator latifrons*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) under tropical conditions. México D.F.: Global Conferencie on Aquaculture 2020.
- Papoutsoglou S., Petropoulos G., Barbieri R. (1992). Polyculture rearing of *Cyprinus carpio* (L.) and *Oreochromis aureus* (St.) using a closed circulated system. *Aquaculture* 103:311-320.
- Perschbacher P. (2011). Experimental partitioned co-culture of channel catfish *Ictalurus punctatus* and blue tilapia *Oreochromis aureus*. *Asian Fisheries Science* 24:88-95.

- Tahoun A., Suloma A., Hammouda Y., Abo-State H., El-Haroun, E. (2013). The effect of stocking different ratios of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*, striped mullet *Mugil cephalus*, and thinlip grey mullet *Liza ramada* in polyculture ponds on biomass yield, feed efficiency, and production economics. *North American Journal of Aquaculture* 75:548–555. <https://doi.org/10.1080/15222055.2013.826764>
- Ramírez, M., Boza, J. (2019). Evaluación de la reproducción inducida del pez *Dormitator latifrons* (Eleotridae) en cautiverio. *LACQUA* 2019. San José, Costa Rica: <https://www.was.org/Meeting/Program/PaperDetail/155838>.
- Valverde, J., Villalobos, A., Varela, A. (2023). Policultivo del pocoyo (*Dormitator latifrons*) con tilapia roja (*Oreochromis* spp.) y langostino (*Macrobrachium rosenbergii*) en estanques de producción. *AquaTechnica*, 5(2):66-79.
- Valverde, J., Villalobos, A. (2024). Rendimiento en canal y calidad sensorial de la carne del pocoyo, *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844) en policultivo con la tilapia azul, *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864). *AquaTechnica* 6(1):13-22. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10937525>
- Wang, M., Lu, M. (2015). Tilapia polyculture: a global review. *Aquaculture Research* 1-12.

