



Original

Evaluación de pienso comercial cubano para el cultivo de alevines de tilapia roja (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) en ambiente marino

Marian Mirabent Casals *, Sergio José Toledo Pérez **, Anabel Castro Ferrer **, Barbarito Jesus Jaime Ceballos **

* Centro para la Investigación de Alimentos y Desarrollo (CIAD), Mazatlán, Sinaloa, Mexico.

** Laboratorio de Bioensayos de Nutrición, Centro de Investigaciones Pesqueras, La Habana, Cuba.

Autor de correspondencia: marianmirabent91@gmail.com

Recibido: Mayo 2020; Aceptado: Mayo 2020, Publicado: Junio 2020.

RESUMEN

Antecedentes: La acuicultura creció ligeramente durante la década pasada en Cuba a causa de las tecnologías validadas nacionalmente y el mercado garantizado. **Objetivo.** Evaluar el efecto de piensos comerciales (D10, D15 y D24, con 10, 15 y 24 % de inclusión de harina de pescado, respectivamente) fabricados en Cuba para la acuicultura de agua dulce, en el crecimiento de larvas de tilapias rojas (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) adaptadas al ambiente marino.

Métodos: Se determinó la composición proximal de los piensos. Se adaptaron las larvas al ambiente marino durante 10 días con incremento gradual de la salinidad. Se realizó un bioensayo acorde a un diseño completamente aleatorizado con tres tratamientos y tres réplicas cada uno. Se sembraron al azar 360 larvas de tilapia roja con peso medio inicial de $0,14 \pm 0,06$ g, en nueve recipientes plásticos con 40 L de agua de mar, a una densidad 40 individuos por recipiente. Se alimentaron con los piensos durante 55 días. Los datos se analizaron mediante ANOVA simple y prueba de Tukey ($p < 0,05$) para comparaciones múltiples.

Resultados: Los niveles de proteínas de D10 (29,19%), D15 (30,14%) y D24 (33,30%) fueron cercanos al valor del requerimiento reportado en la literatura (30%) para larvas del híbrido cultivadas a 35%. En el diseño experimental no se detectaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en peso total, tasa de crecimiento específico, factor de condición, factor de conversión del alimento y en la supervivencia entre las tilapias rojas alimentadas con los piensos comerciales.

Conclusión: Estos resultados mostraron que los tres piensos comerciales evaluados se pueden usar para alimentar larvas de tilapia roja adaptadas al ambiente marino. La utilización del pienso D10 tuvo un menor costo por concepto de alimentación.

Palabras claves: dieta, Tilapia nilotica, Tilapia mossambica, híbridos, ambiente marino (*Fuente: AIMS*)

Como citar (APA)

Mirabent Casals, M., Toledo Pérez, S., Castro Ferrer, A., & Jaime Ceballos, B. (2020). Commercial Cuban feed evaluation for red tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) fry culture in seawater. *Revista de Producción Animal*, 32(2). <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e3425>



©El (los) autor (es), Revista de Producción Animal 2020. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Attribution-NonCommercial 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), asumida por las colecciones de revistas científicas de acceso abierto, según lo recomendado por la Declaración de Budapest, la que puede consultarse en: Budapest Open Access Initiative's definition of Open Access.

INTRODUCTION

La acuicultura es una de las actividades con gran potencial para el mejoramiento. En las últimas tres décadas la producción acuícola mundial se triplicó. Los peces de aletas, moluscos y crustáceos se cultivaron tanto en aguas continentales como en zonas marinas costeras, lo cual contribuyó en gran medida al aumento (FAO, 2018).

La acuicultura en Cuba tuvo un ligero crecimiento en la pasada década. En 2016, la producción de especies de agua dulce fue de 24,5 mil toneladas, mientras que la contribución de especies marinas fue 5 mil toneladas, en relación con el camarón *Litopenaeus vannamei* (ONEI, 2017). Durante el periodo 2008-2015, se realizaron transferencias tecnológicas para el cultivo de especies marinas, como el pargo (*Lutjanus analis*), róbaló (*Centropomus undecimalis*) y cobia (*Rachycentron canadum*) (Flores-Gutiérrez *et al.*, 2016). Actualmente, el aumento de la producción de especies de agua dulce, como los ciprínidos, el pez gato africano (*Clarias gariepinus*), tilapia (*Oreochromis sp*), así como de especies marinas (camarón blanco y tilapia roja), se basa en la utilización de tecnologías validadas nacionalmente, con una garantía de mercado.

Las tilapias rojas son candidatos excelentes para la acuicultura debido a sus características biológicas, nutricionales y organolépticas. Estas, presentan una amplia tolerancia a las variaciones de los parámetros físico-químicos del agua (soportan condiciones de hipoxia, euritermia y eurialinas), resistencia a las enfermedades, rápido crecimiento y reproducción, incluso en cautiverio (Aßmann, 2009). Su apariencia y carne blanca son similares a las especies marinas de alto valor económico, tales como el pargo (*Lutjanus sp*) y el mero (*Epinephelus sp*). El cultivo intensivo de tilapia en medio marino se justifica por la creciente escases de agua dulce, su popularidad en el mercado internacional y el aumento de la demanda.

La primera introducción de un híbrido de tilapia roja (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) en Cuba tuvo lugar en 1979, cuando fue importado desde Filipinas. También fue introducido desde Israel (*Oreochromis aureus* x *O. mossambicus*), en 1996 y 2006. En la actualidad, estos dos híbridos son criados en estaciones de agua dulce en Cuba. Además, ensayos pilotos realizados a juveniles en cebs de la especie israelí, en jaulas flotantes de 4-6m³ a 35‰, mostraron su potencial para el cultivo en medio marino (Fraga *et al.*, 2012; Damas *et al.*, 2015). En este estudio, la tilapia roja (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) fue seleccionada debido a que este híbrido combina rasgos de crecimiento rápido de la *O. niloticus* con una tolerancia a la salinidad mayor que 35‰, característica de la *O. mossambicus*. Por otra parte, su cultivo contribuye al 15% del total de tilapias cultivadas en el mundo (revisado por Masagounder, 2017).

Los piensos comerciales para la acuicultura en Cuba existen en cantidades limitadas. El objetivo primario de esta investigación fue evaluar el empleo de piensos comerciales cubanos para la

producción de tilapia roja (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*), adaptada al ambiente marino.

MATERIALES Y MÉTODOS

Composición de las dietas y análisis químico.

Se seleccionaron tres especies comerciales de la fábrica ALISUR, en Santa Cruz del Sur, Camagüey, Cuba. Se denominaron D10, D15 y D24, según los niveles de inclusión de harina de pescado (Tabla 1). Se determinaron los niveles de humedad, proteína y lípidos en las dietas de prueba mediante métodos estándares (AOAC, 2000).

Tabla 1. Ingredientes y composición proximal (medias \pm desviación estándar) de las dietas experimentales para tilapia roja *Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*.

Dieta (g/100 peso húmedo)			
Ingredientes	D10	D15	D24
Harina de pescado	10	15	24
Harina de soya	40	35	31
Harina de trigo integral	42	42	36
Aceite de soya	3	3	4
Fosfato de calcio	3	3	3
Premezcla* de vitaminas y minerales	2	2	2
Análisis de proximidad (g kg ⁻¹ peso seco)			
Materia seca	83,78 \pm 0,32	83,66 \pm 0,54	83,74 \pm 0,38
Proteína bruta	29,19 \pm 0,57	30,14 \pm 0,31	33,30 \pm 0,43
Lípido bruto	4,87 \pm 0,16	5,15 \pm 0,12	6,51 \pm 0,15
Ceniza	3,94 \pm 0,06	4,39 \pm 0,08	5,50 \pm 0,08
ELN**	42,07 \pm 1,03	40,57 \pm 0,98	35,32 \pm 0,94
Energía bruta*** (kJ/g)	14,99	15,04	15,34

Composición de la premezcla* de vitaminas y minerales Vitamina A, 1000 UI; Vitamina D3, 200 UI; Vitamina E, 150 g; Vitamina K3, 40 g; Vitamina B1, 20 g; Vitamina B3, 60 g; Vitamina B6, 40 g; Vitamina B12, 200 mg; Niacina, 400 g; Ácido fólico, 1000 mg; Biotina, 0,47 mg; Selenio, 0,4 g; Hierro, 160 g; Manganeso, 200 g; Zinc, 160 g; Cobre, 30 g; Cloruro de potasio, 8 g; Óxido de manganeso, 1,2 g; Bicarbonato de sodio, 3 g; Yodo, 2 g; Cobalto, 0,5 g.

**Extracto Libre de Nitrógeno (incluyendo la fibra) = 100 - (% proteína + % lípido + % ceniza).

***Calculado según los niveles fisiológicos de combustible de la proteína, 20,93 kJ/g; lípidos, 37,68 kJ/g y extracto libre de nitrógeno, 16,75 kJ/g (Shiau y Chou, 1991).

Crianza y alimentación de peces.

Los alevines de tilapia roja se produjeron en un centro de desove piloto de la Empresa de Desarrollo de Tecnologías para la Acuicultura, Cuba. Se seleccionaron los peces mediante una red de 5 mm y luego fueron sumergidos en baño profiláctico de 1mL/L de agua amoniacal (25% de principio activo), durante 30s. Después de 15 min de reposo en agua dulce, los peces fueron transferidos en bolsas de nylon al Laboratorio de Bioensayos de Nutrición del Centro de Investigaciones de la Pesca, en Cuba.

Los peces fueron distribuidos aleatoriamente, en una densidad de 40 animales (peso medio de 0,14 \pm 0,06g) por tanque, en nueve tanques plásticos (40L). Cada tanque poseía aireación

suplementaria (*Sweetwater*, EUA). Después de tres días de aclimatación en condiciones de laboratorio, se procedió a la adaptación al agua marina durante los próximos diez días (Barreto-Curiel *et al.*, 2015). Se incrementó la salinidad a 5‰ cada 24 h, con la adición de agua de mar obtenida de la Estación Experimental del Mariel, Cuba. El ajuste de salinidad se realizó con la siguiente fórmula:

$$V = T \times \frac{(S-A)}{(M-A)} \quad (1)$$

donde, V: volumen de agua a ser remplazada; T: volumen total del tanque; S: salinidad deseada; M: salinidad del agua marina; A: salinidad real del tanque.

Durante la aclimatación y adaptación al agua marina, se administró pienso *Skretting* (Canadá), con un 55% de proteína bruta, de manera manual, dos veces al día (11:00 and 16:00 horas), hasta que los peces se saciaron. El alimento no consumido se extrajo del fondo del tanque con un sifón, 1 h después del inicio de la alimentación. Se registraron y pesaron los peces muertos. Se midieron los parámetros de calidad del agua diariamente con el empleo de un oxímetro YSI (EUA). El nivel de oxígeno disuelto se mantuvo en $6,5 \pm 0,4$ mg/L y la temperatura del agua fue $28,7 \pm 0,8$ °C.

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorio, con tres repeticiones por tratamiento. En total, 360 alevines de tilapia roja previamente adaptados al agua marina fueron puestos en ayuna antes de ser alimentados con cada una de las dietas comerciales (Tabla 1). Los pellets fueron molidos y suministrados en forma de polvo. En la Tabla 2. se muestra el esquema de alimentación y el intercambio de agua.

Tabla 2. Esquema de alimentación e intercambio de agua marina durante los días de cultivo.

Días de cultivo	% de adición de biomasa	Frecuencia de alimentación	Horas	Intercambio diario de agua marina (%)
1-15	30	3	9:00; 12:00, 15:00	12,5
16-30	10	3	9:00; 12:00, 15:00	25
31-45	10	3	9:00; 12:00, 15:00	33,3
46-55	7	4	9:00; 11:00, 13:00, 15:00	50

El nivel de oxígeno disuelto en el agua se mantuvo en $5,5 \pm 1,0$ mg/L. La temperatura del agua fue $27,3 \pm 1,3$ °C y la salinidad de $36,0 \pm 1,3$ ‰ (medido con un refractómetro manual (Krüss-Optronic, Alemania)). Las muestras de agua fueron colectadas al principio (control) y al final del experimento para realizar determinaciones de las demandas de fosfato inorgánico disuelto, fósforo total, silicato inorgánico disuelto, nitrito (Grasshoff, 2002), nitrato (APHA, 2017), amonio y oxígeno químico. Cada dos semanas se pesaron diez peces por tanque para calcular el peso corporal medio y la biomasa en cada tanque. Los peces fueron capturados con una red en forma de embudo y luego pesados en grupos, utilizando una balanza digital (*Ohaus*, EUA, precisión de ± 0.1 g).

La eficiencia del crecimiento y la alimentación de los peces se monitoreó en términos de ganancia de peso (GP), ganancia de biomasa (GB), alimento incorporado (AI), consumo de

proteína (CP), relación de conversión alimentaria (RCA), sobrevivencia (S), ritmo de crecimiento específico (RCE), factor de condición (K), y relación eficiencia proteína (REP). Estos indicadores biológicos fueron calculados como sigue:

$$GP = \text{peso medio final} - \text{peso medio inicial} \quad (2)$$

$$GB = \text{biomasa media final} - \text{biomasa media inicial} \quad (3)$$

$$CP = \text{proteína bruta del pienso} \times \text{AI por pez} \quad (4)$$

$$RCA = \frac{AI}{GB} \quad (5)$$

$$S = \frac{\text{número final de animales}}{\text{número inicial de animales}} \times 100 \quad (6)$$

$$RCE = \frac{(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial})}{\text{número de días}} \times 100 \quad (7)$$

$$K = \frac{\text{peso}}{\text{talla total}^3} \times 100 \quad (8)$$

$$PER = \frac{GP}{CP} \quad (9)$$

Se determinó la relación talla-peso al finalizar el experimento en cada grupo de alevines de tilapia roja con una alimentación basada en la dieta comercial, según la ecuación (10) (Mapenzi y Mmochi, 2016):

$$\log \text{talla (cm)} = a + b * \log \text{peso (g)} \quad (10)$$

El costo del pienso fue calculado a partir de los precios de los ingredientes en el mercado internacional (Tabla 6). Los costos de alimentación se calcularon al multiplicar el costo del pienso por la RCA. Se consideró que el costo del pienso fue 60% del costo total de producción (Arru *et al.*, 2019). El valor de la producción fue el reportado por la Empresa de Tecnologías para la Acuicultura, Cuba.

Análisis de datos

Todos los ensayos se realizaron por triplicado y se expresaron en medias \pm desviación estándar (DE). Todos los datos de porcentos fueron sujetos a una transformación por el arcoseno antes de realizar las comparaciones estadísticas. La prueba de normalidad se realizó para los datos de los parámetros (prueba Kolmogorov-Smirnov) y homoscedasticidad (prueba Bartlet). La pruebas de comparaciones múltiples de medias de Kruskal-Wallis y no paramétrica se emplearon solamente con los datos del fosfato, ya que no se ajustaban a la distribución normal. Se realizó análisis de

varianza simple (ANOVA) de la dieta, como variable independiente. Se realizó la prueba de Tukey HSD como prueba *post-hoc* para determinar las diferencias significativas entre los grupos de tratamiento dietéticos ($p < 0.05$). Todos los procedimientos estadísticos fueron realizados con el software STATISTICA, 7.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Adaptación de las larvas de tilapia roja al medio marino.

Los alevines de tilapia roja con una longitud total de 5 mm se adaptaron al agua marina (36‰) en diez días, con una tasa de sobrevivencia de 99,58%. Algunos autores sugieren que la adaptación de la tilapia a una alta salinidad está asociada al aumento de osmolitos orgánicos en los riñones y las branquias, la osmolaridad de la glucosa y el plasma, la proliferación y aumento del tamaño de las células hidroclóricas de las branquias, el incremento de la actividad de la ATPasa Na^+/K^+ y los niveles balanceados de Na^+ y Cl^- en el plasma sanguíneo (Jumah *et al.*, 2016).

El alto por ciento de supervivencia de las larvas (99,58%) observado en este estudio durante la adaptación al medio marino puede estar relacionado a varios factores. Primero, existen características intrínsecas del híbrido. Los híbridos de tilapia muestran un mayor crecimiento y supervivencia en altas salinidades, en comparación a otras especies (Martínez-Contreras, 2003). En segundo lugar, la talla de la tilapia (larvas de 0,1 g) cuando se realizó la transferencia de 0 a 35‰, pudo también haber afectado la supervivencia de las larvas. Este trabajo mostró que los alevines de tilapia se pueden adaptar al agua marina con una alta tasa de sobrevivencia.

El método de adaptación gradual a altas salinidades es también otro factor determinante de la supervivencia de las larvas. La adaptación de juveniles de tilapia al agua marina se puede realizar directamente desde 0 hasta 15-20‰, o gradualmente, con aumentos diarios de 4-5‰ (Martínez-Contreras, 2003). Sallam *et al.* (2017) encontró que cuando las larvas de tilapia roja de la Florida (*O. mossambicus* x *O. urolepis hornorum*) eran transferidas directamente a 36‰ (sin adaptación gradual), a partir de reproductoras criadas en agua dulce, la mortalidad alcanzaba un 100% después de la primera semana de exposición. Otro estudio indica que cuando las reproductoras desovaban en una salinidad de 30‰, la sobrevivencia de las larvas de tilapia roja era 52,8% (Malik *et al.*, 2017). Varias investigaciones demostraron que el método de adaptación gradual hacia más altas salinidades, aunque consumía más agua y fuerza de trabajo, es más efectiva para lograr la sobrevivencia de los peces (Martínez-Contreras, 2003; Fraga *et al.*, 2012).

Finalmente, otro elemento importante a considerar es el suministro de alimento de calidad durante la adaptación. La sobrevivencia de las larvas es el paso más importante en la industria acuícola para cualquier especie, especialmente cuando se utilizan dietas artificiales, por lo tanto las larvas de peces deben ser criadas con alimento vivo para maximizar la sobrevivencia. Sin embargo, con un enfoque diferente, Maithya *et al.* (2017) reportaron un mayor crecimiento y

sobrevivencia en larvas de *O. variabilis* de 1g de peso que se alimentaban con dietas artificiales en lugar de fitoplancton. En este estudio, las larvas de tilapia roja fueron alimentadas hasta la saciedad con pienso *Skretting* (55% de proteína bruta) y su sobrevivencia no se vio afectada.

Caracterización nutricional del pienso comercial.

El aumento de la demanda de harina de pescado, acompañada por un decrecimiento de los suministros globales ha ocasionado un incremento continuo del precio de este componente. Debido a esta razón, se realizan muchos esfuerzos actualmente para sustituir la harina de pescado por fuentes de proteína vegetal menos costosas para la acuicultura. Una atención particular le ha sido dada a la harina de soya debido a su alto contenido de proteína y perfil de aminoácidos esenciales. La harina de soya también tiene una alta digestibilidad (más de 90%) de las proteínas en diferentes especies de tilapia. Este ingrediente ha sustituido hasta el 100% de la harina de pescado en las dietas para la ceba de tilapia (Fraga *et al.*, 2012; Ajani *et al.*, 2016). No obstante, las larvas de tilapia requieren al menos 5% de inclusión de harina de soya o el suplemento de los aminoácidos sulfuro y lisina en el alimento (Masagounder, 2017). En este estudio, los piensos seleccionados tenían entre 30 y 40% de harina de soya y al menos 10% de harina de pescado.

Todas las dietas comerciales probadas en el diseño experimental fueron isoenergéticas (14,99–15,34 kJ/g). Los niveles de proteínas requeridos para un crecimiento óptimo pueden variar entre especies diferentes e híbridos de tilapia y fases de desarrollo (Larumbe-Morán *et al.*, 2010). Los niveles de proteínas probados estuvieron cerca de 30% (Tabla 1), un valor reportado para las larvas del híbrido *Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*, criado a 35‰ (El-Dakar *et al.*, 2015). Los requerimientos nutricionales de tilapia cultivada en medios marinos no han sido bien estudiados.

Los niveles de lípidos dietéticos en los piensos evaluados estuvieron entre 4,59 y 6,51%. El nivel óptimo de este nutriente está entre 5 y 7,4% para el *O. niloticus* cultivado en agua dulce. Los peces omnívoros, como la tilapia, soportan deficiencias de ácidos grasos durante periodos relativamente largos sin afectar el crecimiento, debido a su capacidad de almacenar carbohidratos dietéticos para aumentar la glicolisis, y suministran sustratos a la lipogénesis del hígado (He *et al.*, 2015).

Parámetros de calidad del agua.

Las concentraciones de silicato en el agua no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos dietéticos diferentes, mientras que los otros compuestos evaluados mostraron valores mayores en los tratamientos que en el control (Tabla 3).

Tabla 3 Parámetros de calidad de agua para las tilapias rojas (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) con diferentes dietas (tratamientos).

Parámetros (mg/L)	Tratamientos				p
	Control	D10	D15	D24	
Nitrito NO ₂ ⁻	0,0036 ± 0,0001 ^a	1,103 ± 0,460 ^b	1,049 ± 0,341 ^b	1,489 ± 0,336 ^b	0,009
Nitrato NO ₃ ⁻	0,18 ± 0,01 ^a	2,927 ± 1,242 ^b	3,093 ± 0,978 ^b	3,897 ± 0,862 ^b	0,005
Amonio NH ₄ ⁺	0,006 ± 0,001 ^a	1,008 ± 0,537 ^b	1,238 ± 0,478 ^b	2,357 ± 0,855 ^b	0,006
Silicato SiO ₃ ²⁻	1,25 ± 0,02	0,743 ± 0,402	0,373 ± 0,613	0,86 ± 0,502	0,052
Fosfato PO ₄ ³⁻	0,06 ± 0,009 ^a	1,25 ± 0,429 ^b	1,307 ± 0,280 ^b	1,247 ± 0,361 ^b	0,011
FT	0,35 ± 0,01 ^a	2,023 ± 0,038 ^b	2,423 ± 0,270 ^b	1,947 ± 0,620 ^b	0,043
DOQ	14,38 ± 0,23 ^a	21,520 ± 2,649 ^b	27,096 ± 2,277 ^{bc}	31,523 ± 3,812 ^c	0,0002

Los datos de cada grupo se expresan como medias ± DE p: valor-p determinado por ANOVA simple, excepto para el fosfato (prueba de Kruskal-Wallis). Valores en la misma fila con superíndices diferentes (a < b < c) son significativamente diferentes (p < 0.05). FT: fósforo total, DOQ: demanda de oxígeno químico.

La temperatura, salinidad y el oxígeno disuelto estuvieron dentro del rango tolerable por las tilapias en cultivo. Los valores de nitrito en este estudio estuvieron según lo reportado por Gustavsson (2016). Los niveles de nitrito y amonio en los tratamientos no tuvieron un efecto negativo sobre el crecimiento de las tilapias, debido a que el cloruro de sodio disminuyó su toxicidad (Caldini, 2015). Es importante garantizar el intercambio diario de agua marina en más de 50% para mantener una calidad apropiada del agua después de 45 días de cultivo.

Comportamiento del crecimiento y empleo del pienso.

Los alevines de tilapia roja crecieron en 36% durante 55 días. Las tasas de sobrevivencia fueron mayores que 90% en los tres tratamientos al concluir el experimento. No se observaron diferencias significativas (p > 0.05) entre los indicadores evaluados a niveles diferentes de inclusión de harina de pescado en el pienso (Tabla 4). Esto evidenció que un 10% de inclusión de harina de pescado en el pienso es suficiente para suministrar los requerimientos alimentarios de la tilapia roja en el medio marino.

Tabla 4 Crecimiento y eficiencia del pienso en tilapia roja (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) criada en agua marina y alimentada con dietas comerciales durante 55 días.

Dieta	PF (g)	GP (g)	RCF	S (%)	RCE (% día)	K	RPE
D10	5,55	5,41	1,03	94,2	6,69	1,87	3,58
D15	5,79	5,65	1,07	94,2	6,76	1,79	3,33
D24	5,92	5,78	1,04	91,7	6,81	1,85	3,17
EE	0,167	0,106	0,018	0,82	0,035	0,019	0,115
p	0,651	0,818	0,747	0,708	0,389	0,183	0,403

Los datos de cada grupo se expresan en medias. EE: Error estándar; p: valor-p determinado por ANOVA simple; PF: Peso final; GP: Ganancia de peso; RCF: Relación conversión factor; S: Sobrevivencia; RCE: Ritmo de crecimiento específico; K: Factor de condición; RPE: Relación proteína eficiencia.

Algunos autores han reportado que la tilapia roja (*O. niloticus* x *O. mossambicus*) creció más rápido en agua dulce que en agua marina, incluso con diferencias entre cepas genéticas. Por ejemplo, en agua dulce, la tilapia de Taiwán tuvo mayor crecimiento que la tilapia de Filipinas y Tailandia, pero en medio marino (30%), la cepa de Filipinas y Tailandia fueron superiores a la cepa de Taiwán (Pongthana *et al.*, 2010). Por otra parte, Martínez-Contreras (2003) mostró que el

híbrido *O. niloticus* x *O. mossambicus* tuvo un crecimiento más rápido en agua marina que otras cepas emparentadas, y por consiguiente, la mejor opción de crecimiento es en medio marino. En dicho estudio, juveniles con un promedio de 60g fueron transferidos directamente al mar en jaulas, y en tres meses de cultivo intensivo alcanzaron más de 500g, con una supervivencia de 86% y RCF de 1,75, adecuado para la comercialización.

Los hallazgos de este estudio muestran el potencial que tiene este híbrido para crecer rápidamente en agua salada. Al concluir el ensayo, los alevines de tilapia roja tuvieron un peso mayor que la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), con 0,143g de peso medio inicial, criada en agua dulce y alimentada durante 60 días con una dieta consistente en 12% de harina de pescado y 40% de harina de soya (30,4% de proteína bruta) (Llanes *et al.*, 2015). Adicionalmente, los ritmos específicos de crecimiento (crecimiento corporal) de la tilapia roja en este experimento fueron mayores que 6%/día (Tabla 4). Las larvas de 0,29 g del híbrido *O. niloticus* x *O. urolepis*, cultivadas a 35‰, tuvieron un RCE de 6,12%/día (Mapenzi and Mmochi, 2016). Odinga *et al.* (2018) obtuvieron valores entre 1,96 y 5,08%/día para larvas de hasta 0,8 g de la misma cepa genética criada en agua dulce, con el empleo de 45% de proteína en el pienso. RCE puede variar con los días de cultivo y la dieta (Maithya *et al.*, 2017). Es mayor en las etapas larvales y con dietas que incluyen los requerimientos proteicos de la especie.

El RCF logrado en este experimento, con las dietas D10, D15 y D24, estuvo cerca de 1 (Tabla 4) y fueron similares a los valores reportados para las larvas de *O. niloticus* cultivadas en condiciones de laboratorio, a 0, 15, 20 y 25‰, y alimentadas con una dieta de proteína bruta de 30%. Entre los elementos que mejoran el consumo y por lo tanto el RCF, están las prácticas de manejo, condiciones ambientales, calidad del pienso, factores genéticos inherentes y las condiciones fisiológicas de los peces cultivados (Eriegha y Ekokotu, 2017).

El factor de condición K ofrece información sobre la variación del estado fisiológico del pez. Este debe estar cerca o por encima de 1 para los peces en cultivo (Olufeagba *et al.*, 2016). Los valores K para los alevines de tilapia roja en agua marina bajo una dieta con pienso comercial fueron 1,79 y 1,87, sin diferencias. Estos valores indican una buena salud durante el experimento.

El REP indica la cantidad de proteína que se utiliza del alimento suministrado para aumentar el peso corporal. El empleo de proteína disminuye a medida que aumentan los niveles de proteína en la dieta y una mayor talla de la tilapia. En larvas de 0,5 g de tilapia Nilótica cultivada en agua dulce, el valor más alto de REP fue 2,35, a partir de una dieta con 25% de proteína bruta. Sin embargo, se alcanzó un mayor crecimiento con la dieta de 45% (Abdel-Tawwab *et al.*, 2010). Aunque REP difiere entre especies, los valores obtenidos en este estudio (Tabla 4) son similares a los reportados (3,62) por Larumbe-Morán *et al.* (2010) para larvas de *O. niloticus* cultivada con 30% de proteína bruta en dietas a 25‰.

En este estudio los coeficientes “b” fueron aproximadamente igual a 3, y mostraron que los híbridos de tilapia roja exhibieron un ligero crecimiento isométrico en todos los tratamientos

dietéticos. Los valores varían entre 2,86 y 2,98 (Tabla 5), y se corresponden con los reportados por Mapenzi y Mmochi (2016). Los análisis de regresión mostraron una fuerte correlación ($p < 0.001$) en los pesos y tallas de los híbridos en todo el tratamiento dietético.

Tabla 5. Parámetros para la relación talla-peso de alevines de tilapia roja (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) en diferentes tratamientos dietéticos.

Dieta	a	b	R ²	r	N
D10	-1,67	2,89	0,97	0,98	113
D15	-1,65	2,86	0,93	0,96	113
D24	-1,77	2,98	0,97	0,98	110

R²: coeficiente de determinación; r: coeficiente de correlación; N: número de animales; a: intercepto; b: coeficiente

Se realizan esfuerzos a nivel mundial para sustituir la harina de pescado y el aceite de pescado en la alimentación acuícola. Varios estudios han contribuido a la evaluación de harina de soya como una posible alternativa viable que se pueda incluir en una dieta práctica de tilapia (Ajani *et al.*, 2016; Sharda *et al.*, 2017). Actualmente, los niveles de harina de pescado (1,5%) y aceite de pescado (0,5%) para la alimentación de la tilapia en China son bajos, comparados con su empleo en otras especies de peces cultivados (Rome-Peebles, 2018). Aunque el nivel de proteína es más importante que la fuente de proteína en la dieta, aún existen limitaciones para lograr la completa sustitución de la harina de pescado por harina de soya (Daniel, 2018).

Tabla 6. Precios de los ingredientes de las dietas comerciales cubanas en el mercado internacional en febrero 2019 (<https://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/>), y análisis económico.

Ingredientes	Costo (USD/ton)	Variables (USD/ton)	D10	D15	D24
Harina de pescado	1 472	Costo del pienso	611	690	847
Harina de soya	353	Costo de la alimentación	629	738	881
Harina de trigo integral	219	Costo total de producción	1 048	1 230	1 468
Aceite de soya	100	Valor de la producción	3 400	3 400	3 400
Fosfato de calcio	773	Utilidades*	2 352	2 170	1 932
Premezcla de vitaminas y minerales	1 500	*Las utilidades fueron calculadas como el valor de producción menos el costo total de la producción.			

Una evaluación económica de los ensayos alimentarios después de 55 días (Tabla 6) mostró que la utilización de una dieta baja en harina de pescado disminuyó el costo de la alimentación. En concordancia, disminuyeron los índices de utilidades en los peces con la dieta D10. El comportamiento de los alevines de tilapia roja según las dietas comerciales recomienda el empleo de D10 para un experimento a escala piloto. Este estudio constituye la primera investigación realizada en Cuba sobre el cultivo de alevines de tilapia roja en agua marina. Este trabajo puede servir como referencia para evaluar otras dietas prácticas o piensos importados, hasta que puedan realizarse estudios nutricionales básicos.

CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo muestran que los alevines de tilapia roja *O. niloticus* x *O. mossambicus* adaptados al medio marino pueden cultivarse con piensos producidos en Cuba. D10 tuvo un menor costo de alimentación. Estos hallazgos pudieran permitir el desarrollo de la acuicultura marina en Cuba.

RECONOCIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por el proyecto Producción y Manejo de Dietas Balanceadas para la Acuicultura Marina en Cuba, perteneciente al Centro de Investigaciones Pesqueras. Agradecemos al Dr.C José Llanes Iglesias por sus recomendaciones para mejorar este trabajo, así como a Alejandro Ávila Martínez por la corrección del inglés.

REFERENCIAS

- Abdel-Tawwab, M., Ahmad, M. H., Khattab, Y. A. E., & Shalaby, A. M. E. (2010). Effect of dietary protein level, initial body weight, and their interaction on the growth, feed utilization, and physiological alterations of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture*, 298, 267–274. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.10.027>
- Ajani, E. K., Orisasona, O., Omitoyin, B. O., & Osho, E. F. (2016). Total replacement of fishmeal by soybean meal with or without methionine fortification in the diets of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* [Abstract]. *J. Fish. Aquat. Sci.*, 11(3), 238-243. DOI: [10.3923/jfas.2016.238.243](https://doi.org/10.3923/jfas.2016.238.243)
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (2000). *Official Methods of Analysis*. 17th Edition, Gaithersburg, MD, United States.
- APHA (2017). Standard methods for the examination of waters and waste waters. 21th Ed. Part: 4500-NO₃H. Automated Hydrazine Reduction Method.
- Arru, B., Furesi, R., Gasco, L., Madau, F. A., & Pulina, P. (2019). The Introduction of Insect Meal into Fish Diet: The First Economic Analysis on European Sea Bass Farming. *Sustainability*, 11, 1697. DOI: [10.3390/su11061697](https://doi.org/10.3390/su11061697)
- Aßmann, S. (2009). *Feeding behavior of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) according to feeds made of locally available agriculture by-products in Kenya, East Africa*. Tesis en opción al grado de Maestría, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiVy6iMI_PoAhVYnJ4KHbphAF8QFjACegQIBBAB&url=https%3A%2F%2Fzidapps.boku.ac.at%2Fabstracts%2Fdownload.php%3Fdataset_id%3D7185%26property_id%3D107&usg=AOvVaw2hQIMxV7WrgTiofxR0e_N7

- Barreto-Curiel, F., Durazo, E., & Viana, M. T. (2015). Crecimiento, excreción de amonio y consumo de oxígeno de la tilapia híbrida roja (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis aureus*) cultivada en agua de mar y en agua dulce. *Cienc. Mar.*, 41(3), 247–254. <http://dx.doi.org/10.7773/cm.v41i3.2526>
- Caldini, N., Cavalcante, D. H., Nogueira-Rocha, P. R., & do Carmo, M. V. (2015). Feeding Nile tilapia with artificial diets and dried bioflocs biomass. *Maringá*, 37(4), 335-341. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v37i4.27043>
- Damas, T., Portales, A., Millares, N., & Días, G. (2015). Mejoramiento genético de tilapia (*Oreochromismossambicus* x *O. aureus*) y su cría en ambiente marino. *Rev. Cub. Inv. Pesq.*, 32(1), 40-47. <http://hdl.handle.net/1834/9400>
- Daniel, N. (2018). A review on replacing fish meal in aqua feeds using plant protein sources. *IJFAS*, 6(2), 164-179. https://www.researchgate.net/publication/324006059_A_review_on_replacing_fish_meal_in_aqua_feeds_using_plant_protein_sources
- El-Dakar, A.Y., Shalaby, S.M.A., & Elmonem, A.I.A. (2015). Growth performance and feed utilization of hybrid red tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) x *Oreochromis mossambicus* (Peters) fed different dietary protein and energy levels under rearing in seawater conditions. *Mediterr. Aquacult. J.*, 7, 12-21. https://maj.journals.ekb.eg/article_4629_276d521cb3db425ece386e5a9447ab76.pdf
- Eriegha, O. J., & Ekokotu, P. A. (2017). Factors affecting feed intake in cultured fish species: a review. *ARI*, 14(2), 2697–2709.
- FAO (2018). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. <http://www.fao.org/3/i9540es/i9540es.pdf>
- FAO (1975). Manual of methods in aquatic environment research. pp 145-151; 169-171.
- Flores-Gutiérrez, E. R., Hoyum, M., Rodríguez-Cruzata, P., Lunestad, B. T., Perdomo-Villalobos, L., Karlsen, O., Álvarez-Hernández, M. Y., Rodríguez-Góngora, G. M., Isla-Molleda, M., Silveira-Coffigny, M., & Martínez-Alfonso, Y. (2016). Manejo postcosecha de la cobia de cultivo en la Bahía de Cochinos. *Rev. Cub. Inv. Pesq.*, 33(1), 72-75. <http://hdl.handle.net/1834/10278>
- Fraga, I., Flores, E. R., Reyes, R., & Llanes, Y. (2012). Efecto de diferentes densidades de siembra en el engorde de tilapia roja (*Oreochromismossambicus* x *O. aureus*) en jaulas colocadas en la bahía de Casilda, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 32(1), 16-23. <http://hdl.handle.net/1834/4334>
- Grasshoff (2002). *Methods in Seawater Analysis*. 3er ed. pp 170-203.

Miraben, M., Toledo, S.J., Castro, A., Jaime, B.J.

- Gustavsson, H. (2016). Locally available protein sources in diets of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). A study of growth performance in the Mekong Delta in Vietnam. Master Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. <https://pdfs.semanticscholar.org/4594/4876fab3ea39539f127e019ac6be9ba8646f.pdf>
- He, A. Y., Ning, L. J., Chen, L. Q., Chen, Y. L., Xing, Q., Li, J. M., Qiao, F., Li, D. L., Zhang, M. L., & Du, Z. Y. (2015). Systemic adaptation of lipid metabolism in response to low- and high-fat diet in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Physiol. Rep.*, 3(8). DOI:[10.14814/phy2.12485](https://doi.org/10.14814/phy2.12485)
- Jumah, Y. U., Traifalgar, R. F. M., Monteclaro, H. M., Sanares, R. C., Jumah, D. S. U., & Mero, F. F. C. (2016). Influence of hyperosmotic culture conditions on osmoregulatory ions, gill chloride cells and Na⁺/K⁺-ATPase activity of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *AACL Bioflux*, 9(3), 498-506. <http://www.bioflux.com.ro/docs/2016.498-506.pdf>
- Larumbe-Morán, E., Hernandez-Vergara, M. P., Olvera-Novoa, M. A., & Perez-Rostro, C. I. (2010). Protein requirements of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry cultured at different salinities. *Aquacult. Res.*, 41, 1150-1157. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02402.x>
- Llanes, J., Toledo, J., & Hernández, U. (2015). Evaluación de concentrado proteico de subproductos cárnicos para postlarvas de tilapias del Nilo GIFT (*Oreochromis niloticus*). *Rev. Cub. Inv. Pesq.* 32(1), 17-21. <http://hdl.handle.net/1834/9388>
- Maithya, J., Mbithi, N. M., & Wanjala, P. (2017). Growth performance of *Oreochromis variabilis* larvae: A case study of effect of live and formulated diets on growth and survival rates. *Int. J. Fish. Aquac.*, 9(2), 14-23. DOI: [10.5897/IJFA2016.0553](https://doi.org/10.5897/IJFA2016.0553)
- Malik, A., Abbas, G., Kalhoro, H., Kalhoro, I. B., Shah, S. S. A., & Kalhoro, H. (2017). Optimum salinity level for seed production and survival of red tilapia (hybrid) in concrete tanks. *Pakistan J. Zool.*, 49(3), 1049-1056. DOI: [10.17582/journal.pjz/2017.49.3.1049.1056](https://doi.org/10.17582/journal.pjz/2017.49.3.1049.1056)
- Mapenzi, L. L., & Mmochi, A. J. (2016). Role of salinity on growth performance of *Oreochromis niloticus* ♀ and *Oreochromis urolepis urolepis* ♂ hybrids. *J. Aquac. Res. Development*, 7(6), 1-6. DOI: [10.4172/2155-9546.1000431](https://doi.org/10.4172/2155-9546.1000431)
- Martínez-Contreras, T. M. (2003). Adaptación y crecimiento de las tilapias *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis aureus* y *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis mossambicus* en agua salada. Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Pecuarias. Universidad de Colima, Colima, México. https://sistemas.ucol.mx/tesis_posgrado/resumen1477.htm

- Masagounder, K. (2017). Amino acid recommendations for tilapia: a review of available data and principle behind Aminotilapia. *Amino News*, 21(2), 1-15. https://animal-nutrition.evonik.com/product/feeddditives/downloads/aminonews_2017_2_aminotilapia_en.pdf
- Odinga, S., Ogutu, P., & Sifuna, A. (2018). Conditions for high growth rates of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry in Western Kenya. *IJFAS*, 6(3), 287-291. https://www.researchgate.net/publication/325549799_Conditions_for_high_growth_rate_of_Nile_tilapia_Oreochromis_niloticus_fry_in_Western_Kenya
- Olufeagba, S. O., Okomoda, V. T., & Shaibu, G. (2016). Embryogenesis and early growth of pure strains and hybrids between *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) and *Heterobranchus longifilis* (Valenciennes, 1840). *North Am. J. Aquacult.*, 78(4), 346–355. <https://doi.org/10.1080/15222055.2016.1194926>
- ONEI (Oficina Nacional de Estadística e Información). (2017). Anuario Estadístico de Cuba 2016. Capítulo 9: Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca. <http://www.one.cu/aec2016/09%20Agricultura%20Ganaderia%20Silvicultura%20Pesca.pdf>
- Pongthana, N., Nguyen, N. H., & Ponzoni, R. W. (2010). Comparative performance of four red tilapia strains and their crosses in fresh- and saline water environments. *Aquaculture*, 308(S1), S109-S114. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.07.033>
- Rome-Peebles, D. (2018). Tilapia (*Oreochromis spp.*) China Ponds. https://www.seafoodwatch.org//m/sfw/pdf/reports/t/mba_seafoodwatch_tilapiachinareport.pdf
- Sallam, G. R., Fayed, W. A., El-Absawy, M. A., Aly, H. A., & El-Greisy, Z. A. (2017). Red tilapia broodstocks and larval production under different water salinities without acclimation. *J. Aquac. Res. Development*, 8, 476-481. DOI: [10.4172/2155-9546.1000476](https://doi.org/10.4172/2155-9546.1000476)
- Sharda, Sharma, O. P., & Saini, V. P. (2017). Replacement of fishmeal with soybean meal in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diet. *J. Entomol. Zool. Stud.*, 5(4), 845-849. <http://www.entomoljournal.com/archives/?year=2017&vol=5&issue=4&ArticleId=2147>
- Shiau, S.Y., & Chou, B.S. (1991). Effects of dietary protein and energy on growth performance of tiger shrimp (*Penaeus monodon*) reared in seawater. *Nippon Suisan Gakkaishi* 57, 2271-2276. https://www.jstage.jst.go.jp/article/suisan1932/57/12/57_12_2271/pdf

Miraben, M., Toledo, S.J., Castro, A., Jaime, B.J.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Concepción y diseño de la investigación: MMC, SJTP, ACF, BJJC. Análisis e interpretación de datos: MMC, SJTP, ACF, BJJC. Redacción del manuscrito: MMC, SJTP, ACF, BJJC.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.