



UNIVERSIDAD DE LA HABANA

Centro de Investigaciones Marinas

**“Evaluación de piensos comerciales para el alevinaje de tilapia roja
(*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) en ambiente marino”**

Tesis presentada en opción al Título Académico de

Máster en

Biología Marina y Acuicultura

Autor: Lic. Marian Mirabent Casals _____

Tutor: Dr. C. Barbarito de Jesús Jaime Ceballos _____

Asesor: Ms. C. Sergio José Toledo Pérez _____

La Habana, Cuba

2019

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios por el apoyo que he recibido de colegas y amigos para la realización de este trabajo.

Agradezco en primer lugar a mis tutores Barbarito y Toledo, por su paciencia y su guía perseverante para ayudarme a no solo comprender el valor de la nutrición acuícola, sino la dedicación y el empeño que hay que ponerle al trabajo en equipo, a la logística de los experimentos y a la comunicación científica de los resultados, de modo que sea asequible para todos. ¡¡¡Sin ellos no lo hubiese logrado!!!

Agradezco a los compañeros de mi institución y en especial a los de mi sub-dirección de Cultivos Marinos por estar disponibles siempre para aclarar mis dudas, así como a los choferes Luisito y Evelio, y a Héctor Dennes por el apoyo en las cuestiones administrativas y técnicas.

Doy infinitas gracias al valioso equipo de trabajadores de la Empresa de Desarrollo de Tecnologías Acuícolas, en especial a Zenaida, Jose, Teresita y Maritere, sin los que no hubiese sido posible este trabajo.

Agradezco además a mis queridos y muy estimados profesores del Centro de Investigaciones Marinas, en especial a Tsai, Betty y Ana María, por alentarme.

A Emma y a Amanda, sin las cuales hubiese sido más difícil la transición de Bioquímica a Bióloga Marina.

A Jany y a Mimi, por prestarme la laptop en momentos de apuros y por orar.

A mi amigo y amante esposo y a mis maravillosos padres por estar al tanto de cada detalle e impulsarme a dar lo mejor de mí.

DEDICATORIA

*“Al Rey de los siglos, inmortal, invisible,
al único y sabio **Dios**, sea honor y gloria
por los siglos de los siglos. Amén”*

*“A mi amigo y amante **esposo**”*

*“A mis maravillosos **padres**”*

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue caracterizar desde el punto de vista nutricional tres piensos comerciales (P10, P15 y P24, con 10, 15 y 24 % de inclusión de harina de pescado, respectivamente) fabricados en Cuba para la acuicultura de agua dulce y el efecto de estos en indicadores biológico-productivos del alevinaje de tilapias rojas (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) adaptadas al ambiente marino. Para ello, se determinó la composición proximal, la hidroestabilidad y se estimó la composición de aminoácidos de los piensos. Se evaluó el poder atrayente con alevines de $3,1 \pm 0,9$ g de peso promedio adaptados a 35 ups. Además, se realizó un bioensayo según diseño completamente aleatorizado. Se sembraron al azar 360 larvas de tilapia roja con peso medio inicial de $0,14 \pm 0,06$ g, en 9 recipientes plásticos con 40 L de agua de mar, a una densidad 40 individuos por recipiente. Se alimentaron con los piensos (3 tratamientos con 3 réplicas cada uno) durante 55 días. Los datos se analizaron mediante ANOVA simple y prueba de Tukey para detectar diferencias con un nivel de significación de 0,05. Los resultados mostraron que los niveles de proteínas de P10 (29,19 %), P15 (30,14 %) y P24 (33,30 %) fueron cercanos al valor del requerimiento reportado en la literatura (30 %) para larvas del híbrido cultivadas a 35 ups. Al comparar los contenidos de los tres piensos con los requerimientos de aminoácidos reportados para *O. mossambicus*, los aminoácidos limitantes fueron lisina y treonina. Los valores promedio en % de pérdida de materia seca de P10 ($18,96 \pm 0,88$), P15 ($16,41 \pm 2,36$) y P24 ($17,78 \pm 0,25$) tampoco presentaron diferencias significativas y están dentro del rango admisible para piensos peletizados (menos del 20 %). Los índices de atractabilidad calculados para P15 (41,7) y P24 (53,3) indican similar poder atrayente, superior significativamente ($p < 0,05$) a P10 (5). En el diseño experimental no se detectaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en los crecimientos en peso y en longitud 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. Estos resultados demostraron que los tres piensos comerciales evaluados son similares en potencial nutricional para alimentar alevines de tilapia roja adaptados al ambiente marino. La utilización del pienso P10 resultó en un menor costo por concepto de alimentación.

Palabras Clave: *híbrido de tilapia roja, alevines, composición nutricional, piensos acuícolas*

ABSTRACT

The objective of this work was to characterize from the nutritional point of view three commercial feeds (P10, P15 and P24, with 10, 15 and 24% inclusion of fishmeal, respectively) made in Cuba for freshwater aquaculture and the effect of these in biological-productive indicators of red tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) larvae adapted to marine environment. To do this, feeds proximal composition and hydro-stability were determined and the amino acid composition was estimated. The attractive power was evaluated with fingerlings of 3.1 ± 0.9 g of average weight adapted to 35 ups. In addition, a bioassay was carried out according to a completely randomized design. A total of 360 red tilapia larvae with an initial mean weight of 0.14 ± 0.06 g, were randomly put in 9 plastic containers of 40 L seawater, at a density of 40 individuals per container. They were fed with the 3 commercial feeds (3 treatments with 3 replicates each) for 55 days. Data were analyzed using simple ANOVA and Tukey's test to detect differences with a level of significance of 0.05. The results showed that the protein levels of P10 (29.19%), P15 (30.14%) and P24 (33.30%) were close the value of the requirement reported in the literature (30%) for hybrid larvae grown at 35 ups. When comparing the contents of the three feeds with the amino acid requirements reported for *O. mossambicus*, the limiting amino acids were lysine and threonine. The average values in % of dry matter loss of P10 (18.96 ± 0.88), P15 (16.41 ± 2.36) and P24 (17.78 ± 0.25) did not show significant differences and are within of the admissible range for pelleted feeds (less than 20%). The attractability indices calculated for P15 (41.7) and P24 (53.3) indicate similar attractive power, significantly higher ($p < 0.05$) than P10 (5). In the experimental design no significant differences were detected ($p > 0.05$) in the growths in weight and in total length, specific growth rate, condition factor, feed conversion factor and survival among the red tilapia fed with commercial diets. These results showed that the three commercial feedstuffs evaluated are similar in nutritional potential and can be used to feed red tilapia fry adapted to the marine environment. The use of P10 feed resulted in a lower cost for food.

Key words: *red tilapia hybrid, fry, nutritional potential, aqua feeds*

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Cultivo del híbrido de tilapia roja	3
2.1.1 Ubicación taxonómica.....	3
2.1.2 Distribución geográfica.....	3
2.1.3 Alimentación natural.....	3
2.1.4 Ciclo de cultivo	4
2.1.5 Adaptación al ambiente marino	4
2.2 Evaluación de alimentos para la alimentación de tilapias.....	5
2.2.1 Requerimientos nutricionales de tilapias en ambiente marino	7
3. MATERIALES Y MÉTODOS	8
3.1 Caracterización de los piensos comerciales	8
3.1.1 Composición y bromatología	8
3.1.2 Perfil de aminoácidos y cómputo químico.....	8
3.1.3 Hidroestabilidad.....	9
3.1.4 Ensayo de atractabilidad	9
3.2 Selección, traslado y adaptación de larvas de tilapia roja al ambiente marino	10
3.3 Bioensayo y variables evaluadas.....	11
3.4 Análisis estadísticos	13
4. RESULTADOS.....	14
4.1 Caracterización de los piensos comerciales	14
4.2 Adaptación de larvas de tilapia roja al ambiente marino	17
4.3 Bioensayo y variables evaluadas.....	17
5. DISCUSIÓN	21
5.1 Caracterización nutricional de los piensos comerciales.....	21
5.1.1 Cómputo químico.....	22
5.1.2 Hidroestabilidad de los piensos.....	23
5.1.3 Atractabilidad.....	24
5.2 Adaptación de larvas de tilapia roja al ambiente marino	24
5.3 Evaluación del crecimiento de tilapia roja y la productividad del cultivo	26
5.4 Discusión General	29
6. CONCLUSIONES	31
7. RECOMENDACIONES	32
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33

1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una de las actividades con mayor potencial de desarrollo. En las últimas tres décadas se triplicó la producción acuícola mundial. Los peces de aleta, moluscos y crustáceos cultivados tanto en aguas continentales como en zonas marino-costeras, fueron los que más contribuyeron al aumento (FAO, 2018).

En Cuba la acuicultura creció ligeramente en la última década. En el 2016, la producción de especies de agua dulce fue de 24,5 miles de toneladas, mientras que la contribución del cultivo marino fue de 5 mil toneladas, asociadas al camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (ONEI, 2017). En el periodo del 2008 al 2015 se realizaron transferencias tecnológicas para el cultivo de peces marinos tales como el pargo (*Lutjanus analis*), el robalo de ley (*Centropomus undecimalis*) (Llanes *et al.*, 2013) y la cobia (*Rachycentron canadum*) (Flores-Gutiérrez *et al.*, 2016). Actualmente se potencia el aumento de las producciones de peces en agua dulce como los ciprínidos, clarias (*Clarias gariepinus*) y tilapias (*Oreochromis sp*), además del incremento de los cultivos marinos de camarón blanco y tilapias rojas, por presentar tecnología validada nacionalmente y mercado garantizado (Isla-Molleda, 2018).

Las tilapias rojas se convirtieron en excelentes candidatas para la acuicultura debido a sus características biológicas, nutricionales y organolépticas. Presentan amplia tolerancia a las variaciones en los parámetros físico-químicos del agua (soportan condiciones de hipoxia, son euritermas y eurihalinas), resistencia a enfermedades, rápido crecimiento y reproducción incluso en cautiverio (Aßmann, 2009). En particular, su cultivo intensivo en ambiente marino se justifica por la creciente limitación de agua dulce, su popularidad en el mercado internacional y el aumento de la demanda, por su apariencia similar a especies marinas de gran valor económico y por sus carnes blancas como en los pargos (*Lutjanus sp*), mero (*Epinephelus malabaricus*) y cherna (*Epinephelus diacanthus*) (Castillo, 2009).

Las tilapias cultivadas en el 2016, representaron el 10 % de la producción acuícola mundial (FAO, 2018). En América Latina y el Caribe, las tilapias ocuparon el tercer lugar en las producciones acuícolas que más contribuyen al volumen de producción total regional en el 2015, después de los salmónidos y los camarones (FISHSTAT, 2017).

La primera introducción de tilapia roja (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) en Cuba se realizó en 1979 desde Filipinas (Toledo, 2005). También se realizaron dos introducciones de tilapias rojas procedentes de Israel (*Oreochromis aureus* x *O. mossambicus*), una en 1996 y otra en el 2006 (Damas *et al.*, 2007). Actualmente estos dos híbridos se cultivan en las estaciones dulceacuícolas del país, aunque se realizaron ensayos pilotos de engorde de juveniles de tilapia roja israelí en jaulas flotantes de 4-6 m³ a 35 unidades prácticas de salinidad (ups), los cuales mostraron su potencial de cultivo en ambiente marino (Fraga *et al.*, 2012; Damas *et al.*, 2015).

En este estudio se seleccionó la tilapia roja (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) debido a que este híbrido combina rasgos de rápido crecimiento de la *O. niloticus* con la tolerancia a salinidades superiores a 35 ups de la *O. mossambicus* (Castillo, 2009). Se ha cultivado desde 1,25 g hasta 200 g a 30 ups con supervivencia mayor del 90 % (Balcázar *et al.*, 2006). Además, se plantea que su cultivo contribuye al 15 % del total de tilapias cultivadas a nivel mundial (revisado por Masagounder, 2017).

Dado que en Cuba no se han evaluado los piensos comerciales de producción nacional para el alevinaje de la tilapia roja adaptada al ambiente marino se propone como:

HIPÓTESIS

Los piensos comerciales cubanos con 10, 15 y 24 % de inclusión de harina de pescado son adecuados para alimentar alevines de tilapia roja (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) en ambiente marino.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la utilización de los piensos comerciales cubanos en el alevinaje de tilapia roja (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) en ambiente marino.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar desde el punto de vista nutricional los piensos comerciales cubanos para la alimentación de larvas y alevines de tilapia roja.
2. Evaluar el efecto de la alimentación de larvas y alevines de tilapia roja adaptados al ambiente marino con los piensos comerciales cubanos sobre indicadores biológico-productivos.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultivo del híbrido de tilapia roja

2.1.1 Ubicación taxonómica

De acuerdo a la clasificación de Berg, modificada por Trewavas (1983), los peces teleósteos comúnmente conocidos como tilapias se ubican taxonómicamente de la siguiente manera:

Phylum Chordata
Subphylum Craneata
Superclase Gnathostomata
Clase Actinopterygii
Orden Perciformes
Suborden Percoidei
Familia Cichlidae

Con respecto a los géneros, con técnicas de biología molecular se han propuesto: *Coelotilapia*, *Heterotilapia*, *Pelmatolapia*, *Coptodon*, *Gobiocichla*, *Oreochromis*, *Tilapia*, *Etia*, *Steatocranus* y *Sarotherodon*, entre otros aún por revisar (Dunz y Schliewen, 2013). Del género *Oreochromis* se reportan hasta la fecha 32 especies identificadas (FISHBASE, 2018).

Las especies más cultivadas son *O. niloticus*, *O. aureus*, *O. mossambicus* y *O. hornorum*. Los híbridos de tilapias rojas se obtienen mediante cruzamientos de dos o más variedades de las cuatro especies anteriores, para potenciar cualidades como el color rojo y la resistencia al agua marina con elevada tasa de crecimiento.

2.1.2 Distribución geográfica

Las tilapias son endémicas de África y del cercano Oriente y a través de los años se han introducido en varios ecosistemas tropicales y sub-tropicales. Se reporta su cultivo en 85 países de cuatro continentes (Gonzales-Fernández, 2012).

2.1.3 Alimentación natural

Las tilapias son peces filtradores omnívoros. Estas cambian de la alimentación basada en zooplancton cuando son juveniles a una mayormente de fitoplancton cuando son

adultos. En particular, las especies del género *Oreochromis* consumen fitoplancton, detritus, residuos de plantas vasculares, macrofitas, microalgas y perifiton en el medio natural (Pineda *et al.*, 2012). Por otro lado, las tilapias en cultivo tienen preferencia por las dietas artificiales, seguido de fitoplancton, el cual es constantemente consumido (Moreira *et al.*, 2012).

2.1.4 Ciclo de cultivo

La tecnología para el cultivo de tilapias del género *Oreochromis* en agua dulce comienza con la formación de los bancos de reproductores, en los que se colocan animales para la reproducción en proporción hembras: machos de 3:1. Las hembras desovan alrededor de 2 000 huevos por puesta, los cuales son incubados en la boca de la madre y al cabo de 7 a 14 días dependiendo de la temperatura, eclosionan para dar lugar a las larvas (Méndez-Martínez *et al.*, 2018). El estadio larval dura de 45 a 65 días, a partir del cual se transita por la fase de alevinaje o de cría, desde 1 y 2 g hasta entre 5 y 10 g de peso promedio. Luego se realiza la pre-ceba donde los juveniles alcanzan de 50 a 80 g y finalmente la etapa de engorde hasta la talla comercial (Ng y Romano, 2013).

2.1.5 Adaptación al ambiente marino

Algunos autores sugieren que la adaptación de las tilapias a elevadas salinidades se asocia con variaciones de las concentraciones de hormonas osmorreguladoras, el incremento de osmolitos orgánicos en el riñón y las branquias, de la glucosa y la osmolaridad plasmática (Fiess *et al.*, 2007), la proliferación e incremento de tamaño de las células clorhídricas de las branquias, aumento de la actividad ATPasa Na^+ / K^+ y los niveles balanceados de Na^+ y Cl^- en el plasma sanguíneo (Jumah *et al.*, 2016).

Otro mecanismo que pudiera estar involucrado en la tolerancia a altas salinidades es la hemoglobina secundaria que aparece a los 47 días post-eclosión. Esta molécula tiene mayor afinidad por el dioxígeno que la hemoglobina convencional a elevadas temperaturas y salinidades (Ntabo, 2012). De ahí que las tilapias sean euritermas y eurihalinas en su mayoría.

En el proceso de adaptación de las tilapias al agua de mar es importante considerar la especie y línea genética, edad y tamaño de los peces, tiempo y método empleado, así como factores ambientales que influyen en la supervivencia (Ntabo, 2012). La *O. mossambicus* y los híbridos que presentan esta especie como uno de sus parentales,

toleran salinidades superiores a 35 ups (Fiess *et al.*, 2007), por lo que son más cultivados en agua de mar (Cárdenas-Dávila, 2012).

La aclimatación de los juveniles de tilapia al agua de mar se puede hacer de forma directa de 0 ups a 15- 20 ups (Villegas, 1990) o gradual, con aumentos diarios de 4 a 5 ups (Martínez-Contreras, 2003).

2.2 Evaluación de alimentos para la alimentación de tilapias

Los piensos son alimentos secos balanceados, compuestos por varios ingredientes que proveen los nutrientes necesarios para las funciones de crecimiento, reparación de tejidos, respuesta inmune y mantenimiento de la especie, acorde al estadio de desarrollo. En la medida que un pienso cumpla con requisitos físicos, químicos, microbiológicos y biológicos, así será su calidad y uso (Cruz-Suárez *et al.*, 2006).

Los insumos principales en los piensos para organismos acuáticos son la harina y el aceite de pescado, que provienen de las pesquerías pelágicas. Estas cada día están más limitadas por el agotamiento de los recursos pesqueros y por el aumento de la demanda para consumo humano (FAO, 2018).

Por otra parte, los altos precios de la harina de pescado (1502 USD/ton) en comparación con los de la harina de soya (377 USD/ton) (Index Mundi, 2018), conllevaron a la inclusión de esta última en las dietas para la acuicultura. Los niveles actuales de harina de pescado en alimentos para tilapia no superan el 5 % de inclusión en la mayoría de los países productores (Masagounder, 2017).

Según Viola *et al.*, (1988), una dieta sin harina de pescado suplementada con 1 % de aceite avícola y 4 % de fosfato dicálcico resultó en igual crecimiento y composición corporal del híbrido de tilapia (*O. niloticus* x *O. aureus*) en la etapa de engorde, que una dieta con 35 % de harina de pescado. No obstante, no es posible la sustitución total de las harinas y aceites de pescado en la nutrición acuícola, principalmente en estadios tempranos ya que puede provocar afectaciones en el crecimiento y desarrollo de los organismos en cultivo (Zaldívar-Larran, 2002).

En comparación con la harina de pescado, la mayoría de los ingredientes de origen vegetal, presentan exceso de ácidos grasos ω -6 y factores anti-nutricionales, carecen de ciertos aminoácidos esenciales como lisina y metionina, tienen baja digestibilidad y

menor bio-disponibilidad de nutrientes, menor atractabilidad y palatabilidad a causa del exceso de carbohidratos no solubles como la fibra y el almidón (Daniel, 2018). Toledo y Llanes (2012) propusieron que las tilapias cultivadas en jaulas deben tener más de 20 g de peso promedio inicial cuando la fuente de proteína en el pienso (26 % de proteína bruta) sea únicamente harina de soya, mientras que con pesos iniciales menores, sugieren dietas con más de 30 % de proteína bruta de procedencia animal (harina de pescado, subproducto de aves y/o cárnicos).

Además de la soya, en la actualidad distintos investigadores evalúan ingredientes alternativos para incluir en los piensos para tilapias, tales como: subproductos de aves y de porcino (Toledo *et al.*, 2014), hojas de chaya (*Cnidocolus chayamansa*) (Poot-López *et al.*, 2012), harina de jojoba (*Simmondsia chinensis*) (Labib *et al.*, 2012), morera (*Morus alba*) (Contrera-Castro, 2012), harina de semilla de gandul (*Cajanus cajan*) (Ndau y Madalla, 2015), ensilado químico de subproducto de pescado (Madage *et al.*, 2015; Llanes *et al.*, 2011), harina de coco (Obirikorang *et al.*, 2016), microalgas de agua dulce (*Spirulina sp* y *Chlorella sp*) y marina (*Schizochytrium sp*) (Sarker *et al.*, 2016), harina de cabeza de camarón o su ensilado, harina de sangre, harina de gusanos (Gustavsson, 2016), concentrado proteico de hojas de amaranto (*Amaranthus hybridus*) (Ngugi *et al.*, 2017); harina de larvas de mosca (*Hermetia illucens*) (Devic *et al.*, 2017; Groenewald, 2018), harina de macroalga roja (*Gracilaria arcuata*) (Younis *et al.*, 2017), entre otros (Montoya-Mejía *et al.*, 2017).

También se emplea la tecnología de biofloc en los sistemas de cultivos de tilapias ya que los microorganismos que componen el flóculo requieren un recambio de agua mínimo y pueden servir a su vez como fuentes proteicas de alimentos para las tilapias e incrementan la tasa de crecimiento de estas (Karunaarachchi *et al.*, 2018).

En Cuba, las materias primas para producir piensos acuícolas a escala comercial son en extremo limitadas. Se emplean según su disponibilidad la harina de soya, la harina de trigo, la harina de maíz y el salvado de trigo para sustituir la harina de pescado (Toledo-Pérez SJ, com. pers.).

2.2.1 Requerimientos nutricionales de tilapias en ambiente marino

Los requerimientos nutricionales de tilapias cultivadas en agua de mar, incluyendo proteínas, carbohidratos, lípidos y la tasa proteína – energía, minerales y vitaminas, no han sido bien estudiados (El-Sayed, 2006).

En la tabla 1 se muestran los requerimientos de proteínas para larvas y alevines de tilapias cultivadas en ambiente marino. Estos se encuentran entre 20 y 40 %.

Tabla 1. Requerimientos de proteínas de tilapias cultivadas en ambiente marino

Especie/Híbrido	Peso (g)	Proteína Bruta (% de materia seca)	Referencia
<i>O. niloticus</i> x <i>O. mossambicus</i>	0,4	30	El-Dakar <i>et al.</i> , 2015 (35 ups)
<i>O. mossambicus</i> x <i>O. hornorum</i>	0,4	33	García y Sedjro, 1988
	10,6	20	Watanabe <i>et al.</i> , 1989 (37-41 ups)
<i>O. niloticus</i>	0,25	40	Larumbe-Morán <i>et al.</i> , 2010 (25 ups)

Para el caso de los lípidos, no se reportan en la literatura estudios de requerimientos para tilapias adaptadas al ambiente marino. Según Halver (1980), el proceso de adaptación a salinidades superiores en los peces puede variar el contenido de ácidos grasos en una misma especie y es probable que también su requerimiento.

En agua dulce, el nivel óptimo de lípidos dietarios se encuentra entre 5 y 7,4 % para la tilapia nilótica (*O. niloticus*) (He *et al.*, 2015). Los peces omnívoros como las tilapias no toleran niveles elevados de lípidos en la dieta como los salmónidos (Lim *et al.*, 2011), sin embargo, soportan deficiencias de ácidos grasos esenciales por periodos relativamente largos sin afectar el crecimiento, dada su habilidad de aprovechar los carbohidratos dietarios en aumentar la glicólisis y proveer los sustratos para la lipogénesis en el hígado (He *et al.*, 2015).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Caracterización de los piensos comerciales

3.1.1 Composición y bromatología

Se seleccionaron 3 piensos comerciales para uso dulceacuícola, provenientes de la fábrica ALISUR de Santa Cruz del Sur, Camagüey, Cuba. Se denominaron P10, P15 y P24 según los niveles de inclusión de harina de pescado (tabla 2).

Tabla 2. Composición porcentual (g/100 g) de los piensos comerciales

Pensos Comerciales			
Ingredientes	P10	P15	P24
Harina de pescado	10	15	24
Harina de soya	40	35	31
Trigo entero molido	42	42	36
Aceite de soya	3	3	4
Carbonato de calcio	3	3	3
Pre-mezcla de vitaminas y minerales*	2	2	2
TOTAL (%)	100	100	100

*Composición en 1 kg de dieta: Vitamina A- 1000 IU; Vitamina D- 200 IU; Vitamina E- 150 000 mg; Vitamina K- 40 000 mg; Vitamina B1- 20 000 mg; Vitamina B3- 60 000 mg; Vitamina B6- 40 000 mg; Vitamina B12- 200 mg; Vitamina D- 120 000 mg; Niacina- 400 000 mg; Ácido fólico- 1000 mg; Biotina- 0,47 mg; Selenio- 0,4 g; Hierro- 160 g; Manganeso- 200 g; Cinc- 160 g; Cobre- 30 g; Cloruro de Potasio- 8 g; Óxido de Manganeso-1,2 g; Bicarbonato de Sodio- 3,0g; Yodo- 2,0 g; Cobalto- 0,5g.

La determinación de los niveles de materia seca, proteína cruda, lípidos totales y cenizas de los piensos comerciales se realizó en el Laboratorio de Análisis Químico del Centro de Investigaciones Pesqueras (La Habana) según los procedimientos estándares (AOAC, 2000). La fibra se estimó según el contenido de cada ingrediente reportado por Toledo y Llanes (2012). El extracto libre de nitrógeno y la energía digestible se calcularon mediante la programación lineal en Excel (Pezzato *et al.*, 2001; Brett, 1973).

3.1.2 Perfil de aminoácidos y cómputo químico

Se estimó el perfil de aminoácidos de los piensos comerciales a partir de la composición aminoacídica de los ingredientes reportada por Toledo y Llanes (2012). Para el cálculo

del cómputo químico (CQ) mediante la fórmula (1) (Suárez-López *et al.*, 2006) se usó como proteína patrón los requerimientos de aminoácidos (aa) reportados por Jauncey *et al.*, (1983) para la tilapia mosámbica (*Oreochromis mossambicus*) y por Santiago y Lovell (1988) para la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*).

$$CQ_{aa} = \frac{\% \text{ del aa en la proteína del pienso}}{\text{requerimiento del aa para la especie}} \quad (1)$$

3.1.3 Hidroestabilidad

La estabilidad en agua de mar de los pellets de 6 mm de diámetro, se determinó por la pérdida de materia seca. Se pesaron 2 g de cada pienso por triplicado en una balanza analítica (*Kern 770*, Alemania, precisión de $\pm 0,001$ g) y se colocaron en envases cilíndricos de malla. Posteriormente se sumergieron en recipientes de 5 L con agua de mar durante dos horas. Los piensos se secaron durante 2 horas en una estufa (*Venticell*, Alemania) a 75 °C. Se pesaron nuevamente y se cuantificó la pérdida de materia seca según Balsinde *et al.*, (2003) mediante la fórmula (2):

$$\% \text{ de pérdida de materia seca} = \frac{(\text{Peso inicial} - \text{Peso final})}{\text{Peso inicial}} \times 100 \quad (2)$$

3.1.4 Ensayo de atractabilidad

Se adaptaron 30 alevines de tilapia roja provenientes de la Empresa de Desarrollo de Tecnologías Acuícolas (Cotorro, La Habana, Cuba) de $3,1 \pm 0,9$ g de peso promedio a ambiente marino en 3 días, con cambios de salinidad de 0 a 10 ups, de 10 a 20 ups y de 20 a 35 ups, cada día respectivamente. En cada una de 3 peceras con 40 L de agua de mar (35 ups), se colocaron 10 alevines de tilapia roja adaptados previamente.

El ensayo de atractabilidad se realizó según la metodología descrita por Jaime-Ceballos (2006). Para ello, los alevines se sometieron a 48 horas de ayuno. Luego se colocaron separadores que mantuvieron los animales limitados a la región central de la pecera y se adicionaron en dos comederos plásticos, 10 g (30 % de la biomasa) de cada pienso a evaluar (figura 1). Posteriormente se retiraron los separadores y se observó el comportamiento de los peces ante la detección de los alimentos. Se registró a los 5 min la cantidad de animales que se desplazaron hacia cada alimento y comenzaron el proceso de ingestión.

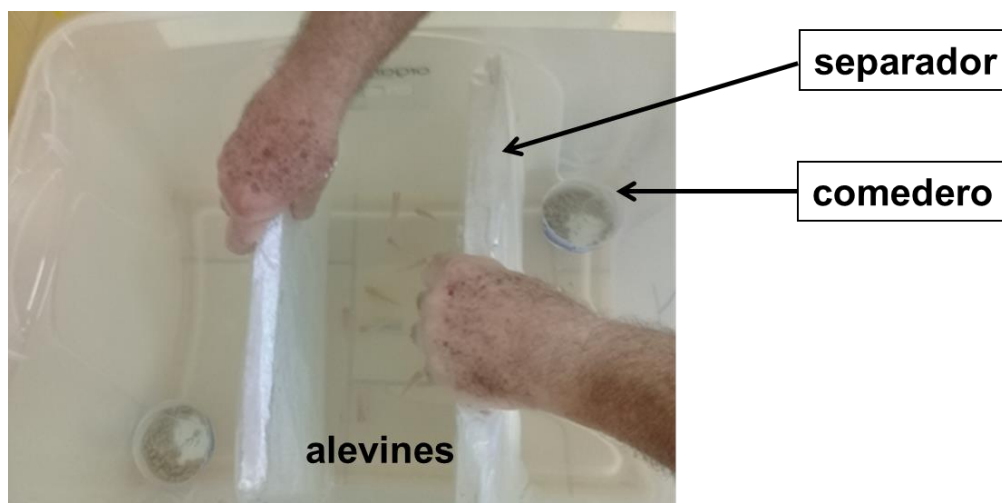


Figura 1. Recipiente con separadores y comederos, donde se realizó el ensayo de atractabilidad de los piensos comerciales para alevines de tilapia roja (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*)

Con cada par de piensos comerciales a evaluar se realizaron 3 réplicas. Se determinó el índice de atractabilidad (IA) para cada pienso (P_i) y se expresó según la fórmula (3):

$$IA_i(\%) = \frac{\Sigma \text{número de animales que migraron al } P_i}{\text{número total de réplicas para evaluar el } P_i} \times 100 \quad (3)$$

3.2 Selección, traslado y adaptación de larvas de tilapia roja al ambiente marino

Se seleccionaron larvas de tilapia roja de la EDTA con un seleccionador de malla de 5 mm. Se les realizó un baño profiláctico durante 30 s en agua amoniacal (25 % de principio activo) a 1 mL/L para eliminar los ectoparásitos *Trichodina sp.* y *Gyrodactylus sp.* (García de la Cruz MT, com. pers.). Posteriormente se dejaron reposar en agua corriente durante 15 min y se trasladaron al Laboratorio de Bioensayos de Nutrición del Centro de Investigaciones Pesqueras en bolsas de nylon transparentes de 30 L.

Las larvas se sembraron en recipientes plásticos de 40 L de agua corriente a una densidad de 40 animales por recipiente y se aclimataron durante 3 días. La adaptación a agua de mar se realizó durante los 10 días siguientes, por medio del recambio y la mezcla con agua de mar para obtener un aumento diario de 5 ups (Barreto-Curiel *et al.*, 2015). Se midió diariamente la salinidad (± 1 ups) con un refractómetro manual (*Krüß-Optronic*, Alemania), el dióxigeno disuelto ($\pm 0,01$ mg/L) y la temperatura ($\pm 0,1$ °C)

con un oxímetro (YSI, Estados Unidos) y se mantuvo un registro de los animales muertos. Durante la aclimatación y la adaptación, los animales se alimentaron 2 veces al día (11 y 16 h) a saciedad con pienso *Skretting* (Canadá) de 55% de proteína bruta.

Para el ajuste de la salinidad se aplicó la siguiente fórmula (4):

$$V = T \times \frac{(S - A)}{(M - A)} \quad (4)$$

V: volumen de agua a sustituir

T: volumen total del tanque

S: salinidad deseada

M: salinidad del agua de mar

A: salinidad actual del tanque

3.3 Bioensayo y variables evaluadas

Se realizó un diseño experimental completamente aleatorizado de 3 tratamientos (piensos comerciales) con 3 réplicas cada uno, durante 55 días. Un total de 360 larvas de tilapia roja de $0,14 \pm 0,06$ g de peso promedio inicial, se asignaron al azar a 9 recipientes experimentales de plástico de 40L a una densidad de 40 individuos por tanque ($0,14 \text{ kg/m}^3$). Se sometieron a dos días en ayuno, previo a la alimentación con cada pienso comercial. El esquema de alimentación y el recambio de agua se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Ración, frecuencia de alimentación y recambio diario de agua de mar según los días de cultivo

Días de cultivo	% de la biomasa	Frecuencia de alimentación	Recambio de agua diario (%)
1-15	30	3	12,5
16-30	10	3	25
31-45	10	3	33,3
46-55	7	4	50

Los pellets se molieron en un molino de martillo criollo, se pesaron en la balanza analítica *Kern 1770* y se suministraron en forma de polvo. Diariamente se registraron los parámetros químico-físicos (dioxígeno disuelto, temperatura y salinidad) y se sifonearon los residuos de alimentos y heces. Se mantuvo la aireación constante

mediante un soplador (*Sweetwater*, Estados Unidos), mangueras transparentes y piedras difusoras.

Se tomaron muestras de 1,5 L de agua de mar al inicio del experimento y se enviaron al Centro de Investigación y Manejo Ambiental del Transporte para la determinación de nitrito, nitrato, amonio, silicato, fosfato, fósforo total y demanda química de oxígeno.

Cada 15 días se realizó un muestreo donde se pesaron 10 animales de cada recipiente en una balanza técnica (*Ohaus*, Estados Unidos, $\pm 0,1$ g). A los 55 días se realizó el desmonte del experimento. Se pesaron todos los animales y se midieron con una regla milimetrada. A partir de estos datos se calcularon para cada tratamiento las variables definidas en la tabla 4.

Tabla 4. Variables evaluadas y sus fórmulas correspondientes

Variable	Fórmula
Supervivencia (%)	$S = \frac{\text{Cantidad final de animales}}{\text{Cantidad inicial de animales}} \times 100$
Tasa de crecimiento absoluto (g/día)	$TCA = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}{\text{días de cultivo}}$
Tasa de crecimiento específico (%/día)	$TCE = \frac{(\ln \text{Peso final} - \ln \text{Peso inicial})}{\text{días de cultivo}} \times 100$
Factor de condición (g/cm³)	$FC = \frac{\text{Peso}}{\text{Longitud total}^3} \times 100$
Factor de conversión del alimento	$FCA = \frac{\text{Peso del alimento añadido}}{\text{Biomasa final} - \text{Biomasa inicial}}$
Alimento suministrado (g/pez)	$AS = \frac{\text{Peso del alimento añadido}}{\text{cantidad de animales}}$
Proteína suministrada* (g/pez)	$PS = \% \text{ de proteína del pienso} \times AI$
Tasa de eficiencia proteica	$TEP = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}{\text{Proteína suministrada}}$
Costo de alimentación** (\$/ton)	$CA = \text{Costo del pienso} \times FCA$

*El alimento ingerido (AI) se asumió como aproximadamente igual al alimento suministrado.

**Se realizó con los precios en moneda cubana total de los piensos, brindados por la fábrica ALISUR en marzo del 2018.

La relación largo-peso se determinó al finalizar el experimento para cada grupo de alevines de tilapia roja alimentados con los piensos evaluados según la ecuación (5):
$$\log Largo (cm) = a + b \log Peso (g) \quad (5) \text{ (Mapenzi y Mmochi, 2016).}$$

3.4 Análisis estadísticos

Previo al análisis, los datos de porcentaje de supervivencia se normalizaron con una transformación de arc seno de la raíz cuadrada. Se aplicó una prueba de Kolmogorov-Smirnov para verificar la normalidad de los datos. Posteriormente se realizó la prueba de Bartlett para verificar la homogeneidad de varianza. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para detectar diferencias significativas entre las medias de las variables evaluadas en los tratamientos. Se realizó una prueba de Tukey para la comparación múltiple de las medias en caso de detectarse diferencias significativas. Se tomó como nivel de significación $\alpha = 0,05$. Los análisis se desarrollaron con el programa STATISTICA versión 7.

4. RESULTADOS

4.1 Caracterización de los piensos comerciales

En la tabla 5 se muestra el contenido de nutrientes de los piensos comerciales de ALISUR, P10, P15 y P24. Se observa un ligero aumento del contenido de proteína bruta, lípidos y cenizas en la medida que aumenta la inclusión de harina de pescado en los piensos.

Tabla 5. Composición proximal en base seca de los piensos

Contenido (%)	P10	P15	P24
Materia Seca	83,78	83,66	83,74
Proteínas	29,19	30,14	33,30
Lípidos	4,87	5,15	6,51
Cenizas	3,94	4,39	5,50
Fibras	3,71	3,41	3,11
Extracto libre de Nitrógeno	42,07	40,57	35,32
Energía digestible* (kcal/g)	266,0	270,38	281,21
Proteínas/Energía digestible (mg/kcal)	110	111	118
Proteína Animal/Proteína Vegetal	0,28	0,46	0,83

*calculada según coeficientes de Pezzato *et al.*, (2001)

La relación proteína animal/proteína vegetal en los piensos comerciales aumentó debido al incremento de la inclusión de harina de pescado como fuente de proteína animal.

En la tabla 6 se observan los perfiles de aminoácidos estimados para los piensos comerciales usados en este estudio, así como los valores reportados en la literatura para las especies *O. niloticus* y *O. mossambicus*.

En la figura 2 se muestra el cómputo químico para los tres piensos comerciales P10, P15 y P24. Al utilizar como patrón los requerimientos de aminoácidos reportados para *O. niloticus*, los únicos aminoácidos no limitantes en los tres piensos son la leucina y la valina. Sin embargo, al emplear los requerimientos reportados para *O. mossambicus*, el primer aminoácido limitante es la treonina y el segundo es la lisina.

Tabla 6. Composición aminoacídica estimada de los piensos experimentales P10, P15 y P24 y valores de requerimientos reportados para *O. niloticus* (Santiago y Lovell, 1988) y *O. mossambicus* (Jauncey *et al.*, 1983)

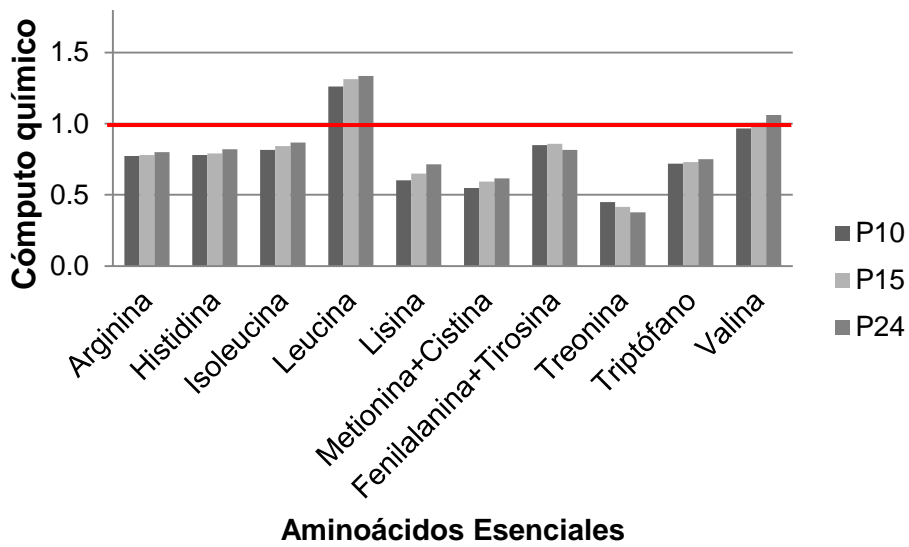
Aminoácido	% de la proteína en la dieta				
	<i>O. niloticus</i>	<i>O. mossambicus</i>	P10	P15	P24
Arginina	4,20	2,82	3,25	3,28	3,36
Histidina	1,72	1,05	1,34	1,36	1,41
Isoleucina	3,11	2,01	2,54	2,62	2,70
Leucina	3,39	3,40	4,28	4,45	4,53
Lisina	5,12	3,78	3,08	3,32	3,66
Metionina+Cistina	2,68	0,99	1,47	1,59	1,65
Fenilalanina+Tirosina	3,75	2,50	3,19	3,22	3,06
Treonina	3,75	2,93	1,68	1,56	1,41
Triptófano	1,00	0,43	0,72	0,73	0,75
Valina	2,80	2,20	2,71	2,82	2,97

La hidroestabilidad de los piensos P10, P15 y P24 fue similar (tabla 7). Las pérdidas de materia seca estuvieron entre 16 y 19 %, sin diferencias significativas ($p = 0,7769$; error estándar = $\pm 0,04$).

Tabla 7. Valores promedios de pérdida de materia seca (MS) de los piensos comerciales P10, P15 y P24 y sus errores estándar.

Piensos	P10	P15	P24
Pérdida de MS (%)	18,96 \pm 0,88	16,41 \pm 2,36	17,78 \pm 0,25

Patrón de *O. niloticus*



Patrón de *O. mossambicus*

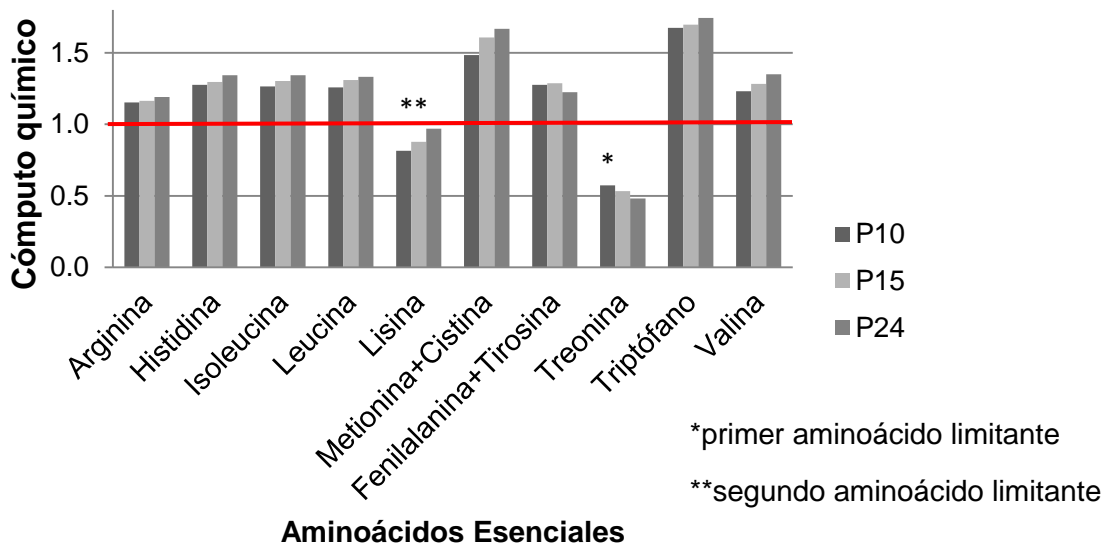


Figura 2. Cómputo químico de los tres piensos evaluados P10, P15 y P24, calculado a partir de los requerimientos de aminoácidos reportados para los parentales *O. niloticus* (Santiago y Lovell, 1988) y *O. mossambicus* (Jauncey *et al.*, 1983)

Como se observa en la figura 3, los piensos P15 y P24 presentaron IA que no difieren significativamente entre sí. No obstante sí se comprobaron diferencias de estos con el IA de P10.

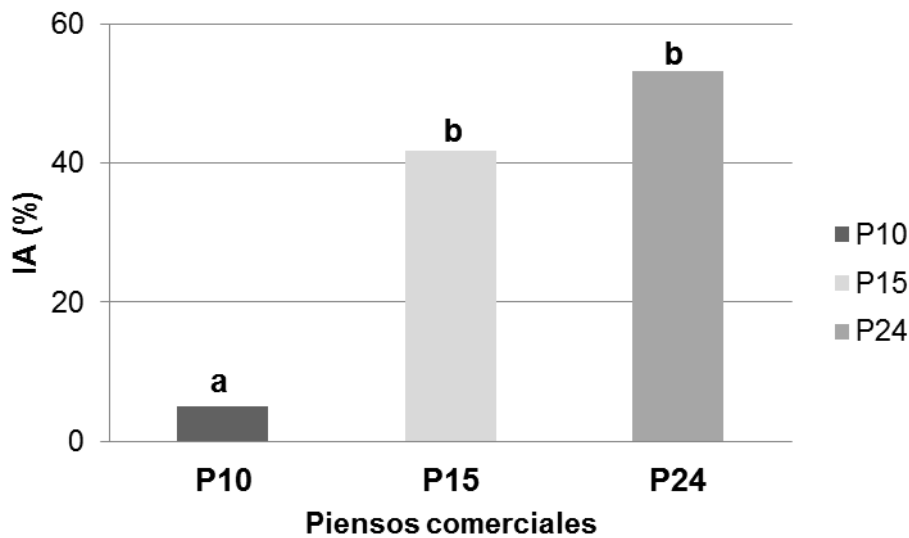


Figura 3. Índices de atractabilidad (IA) de los piensos comerciales P10, P15 y P24. Las letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

4.2 Adaptación de larvas de tilapia roja al ambiente marino

Las larvas de tilapia roja de menos de 5 mm de talla se adaptaron al agua de mar (35 ups) en 10 días, con alta supervivencia (tabla 8).

Tabla 8. Temperatura y dióxígeno disuelto del agua y supervivencia de las larvas de tilapia roja durante la adaptación al ambiente marino (DE: desviación estándar)

	Temperatura (° C)	Dioxígeno disuelto (mg/L)	Supervivencia (%)
Promedio \pm DE	28,7 \pm 0,8	6,5 \pm 0,4	99,58
Mínimo	27,3	6,2	
Máximo	31,3	6,9	

4.3 Bioensayo y variables evaluadas

En la tabla 9 se observan los valores de las variables ambientales del agua de mar que se utilizó durante el bioensayo. No hubo diferencias entre valores de distintos tratamientos ni entre los días del cultivo.

Tabla 9. Temperatura, dióxígeno disuelto y salinidad del agua de mar durante el bioensayo (DE: desviación estándar)

	Temperatura (° C)	Dioxígeno disuelto (mg/L)	Salinidad (ups)
Promedio ± DE	27,3 ± 1,3	5,5 ± 1,0	36,0 ± 1,3
Mínimo	24	4,3	32
Máximo	29,6	6,7	38

Las concentraciones (mg/L) de nitrito ($0,41 \pm 0,01$), nitrato ($3,54 \pm 0,01$), amonio ($< 0,018$), silicato ($6,90 \pm 0,01$), fosfato ($0,048 \pm 0,001$), fósforo total ($0,25 \pm 0,01$) y demanda química de oxígeno ($6,37 \pm 0,11$) del agua de mar al inicio del experimento fueron adecuadas para el cultivo.

En este estudio, el coeficiente de regresión “b” fue aproximadamente igual a 3 en todos los tratamientos (tabla 10), indicando que los alevines exhibieron un crecimiento isométrico. Los coeficientes de determinación mostraron una fuerte correlación entre los pesos y longitudes de los alevines en los tres tratamientos.

Tabla 10. Parámetros de la relación largo-peso (ecuación 5) de los alevines de tilapia roja *Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus* alimentados con los piensos P10, P15 y P24, al finalizar el bioensayo

Pienso	a	b	R²	r	N
P10	-1,67	2,89	0,97	0,98	113
P15	-1,65	2,86	0,93	0,96	113
P24	-1,77	2,98	0,97	0,98	110

R²: coeficiente de determinación; r: coeficiente de correlación; N: número de animales

Los indicadores de crecimiento y productivos del alevinaje experimental de tilapia roja en ambiente marino se muestran en la tabla 11. No se detectaron diferencias significativas entre ninguno de los valores al compararlos entre tratamientos. El pienso P10 presentó el menor costo de alimentación (tabla 12).

Tabla 11. Resumen de valores promedios y error estándar de la media (\pm EEM) de indicadores de crecimiento y productivos del cultivo de tilapias rojas alimentadas con los piensos comerciales P10, P15 y P24

Variable	P10	P15	P24	\pm EEM	p*
Peso final (g)	5,55	5,79	5,92	0,167	0,651
Biomasa final (g)	209	218	217	10,96	0,818
Tasa de crecimiento absoluto (g/día)	0,098	0,103	0,105	0,002	0,406
Tasa de crecimiento específico (%/día)	6,69	6,76	6,81	0,035	0,389
Longitud estándar final (cm)	5,26	5,47	5,37	0,049	0,195
Longitud total final (cm)	6,67	6,87	6,84	0,062	0,369
Factor de condición	1,87	1,79	1,85	0,019	0,183
Supervivencia (%)	94,2	94,2	91,7	0,82	0,708
Factor de conversión del alimento	1,03	1,07	1,04	0,018	0,747
Alimento suministrado (g/pez)	5,24	5,66	5,49	0,167	0,642
Proteína suministrada (g/pez)	1,53	1,71	1,83	0,064	0,154
Tasa de Eficiencia Proteica	3,58	3,33	3,17	0,115	0,403

* Los valores de p corresponden a los reportados en el ANOVA de una vía ($\alpha = 0,05$).

Tabla 12. Costo de los piensos y costo de la alimentación en el alevinaje experimental

Pienso	P10	P15	P24
Costo del pienso (\$/ton)	1051,56	1121,01	1320,61
Costo de alimentación (\$/ton)	1083,11	1199,48	1373,43

En las figuras 4 y 5 se muestran el crecimiento y factor de conversión de las tilapias rojas alimentadas con los piensos P10, P15 y P24, respectivamente. En los días de cultivo evaluados no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos.

Crecimiento en peso

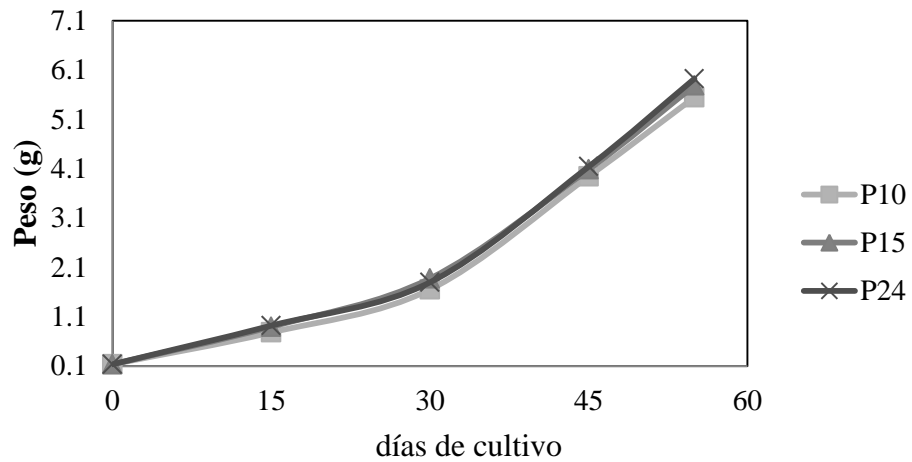


Figura 4. Crecimiento en peso de larvas de tilapia roja *Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus* cultivadas en ambiente marino y alimentadas con piensos con 3 niveles de inclusión de harina de pescado.

Factor de Conversión del Alimento

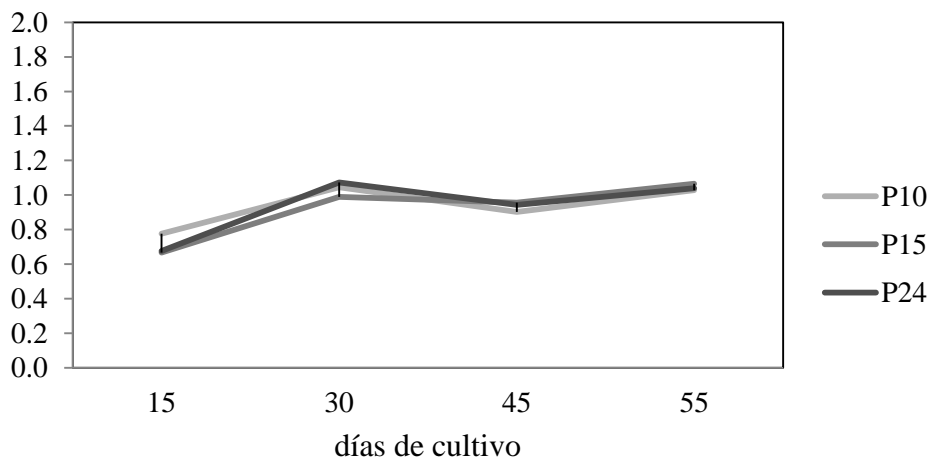


Figura 5. Factor de conversión del alimento del cultivo en ambiente marino de larvas de tilapia roja *Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus* alimentadas con los piensos P10, P15 y P24.

5. DISCUSIÓN

5.1 Caracterización nutricional de los piensos comerciales

El aumento de la demanda de la harina de pescado, acompañado de la disminución del suministro global, ha resultado en un incremento continuo de los precios de este ingrediente. Por esto, se realizan en la actualidad muchos esfuerzos por reemplazar la harina de pescado por fuentes de proteínas vegetales menos costosas y disponibles para la producción de alimentos acuícolas (Tacon *et al.*, 2012).

Se ha dado particular atención a la harina de soya por su alto contenido proteico y perfil de aminoácidos esenciales. La harina de soya presenta además elevada digestibilidad (más del 90 %) de proteínas en las diferentes especies de tilapias (El-Sayed, 2004). Este ingrediente ha sustituido hasta el 100 % de la harina de pescado en dietas para engordar tilapias (Fraga *et al.*, 2012; Ajani *et al.*, 2016). Sin embargo, las larvas y alevines de tilapias requieren al menos un 5 % de inclusión de harina de pescado o el suplemento de aminoácidos azufrados y lisina en los piensos (Masagounder, 2017). En este estudio, los piensos seleccionados tuvieron entre 30 y 40 % de harina de soya y al menos 10 % de harina de pescado.

Los niveles de proteína requeridos para un óptimo crecimiento, pueden variar entre las diferentes especies e híbridos de tilapias y los estadios de desarrollo (Larumbe-Morán *et al.*, 2010). Los niveles de proteína de los piensos ensayados fueron cercanos al 30 % (tabla 5), valor de requerimiento reportado para larvas del mismo híbrido *Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*, cultivadas a 35 ups (El-Dakar *et al.*, 2015). Los requerimientos nutricionales de las tilapias cultivadas en ambiente marino no han sido bien estudiados. Algunos autores señalan que los requerimientos proteicos de las tilapias mantenidas en agua de mar o salobre pueden ser menores para un óptimo crecimiento, que en las tilapias cultivadas en agua dulce (Fraga *et al.*, 2012).

Por otro lado, el requerimiento mínimo de lípidos de las dietas para tilapias cultivadas es del 5 % (Ng y Chong, 2004) y los niveles de inclusión de este nutriente en los piensos evaluados están entre 4,59 y 6,51 %.

Los niveles de carbohidratos en P10, P15 y P24 se encontraron dentro del rango reportado por el El-Sayed (2006), quien informa que las tilapias, como son peces

omnívoros, pueden utilizar de forma eficiente entre 35 y 40 % del carbohidrato digerible.

El contenido de fibra en los piensos acuícolas no debe exceder el 5 % (Anderson *et al.*, 1984). Los piensos experimentales presentaron valores inferiores al 4 % (tabla 5).

Para larvas (hasta 0,5 g) y juveniles (0,5 – 5 g) de tilapia, la tasa proteína/energía digestible varía de 95,3 a 123 mg/kcal (Shiau, 2002). En los tres alimentos usados en este trabajo, dicha tasa se encuentra alrededor de 110 mg/kcal, considerada adecuada. Un exceso de energía, a menudo detiene la ingesta de alimento antes de que el animal consuma suficiente proteína, lo que puede repercutir en bajas tasas de crecimiento. En cambio, si la dieta es deficiente en energía, los peces usarán primero la proteína con fines energéticos, lo que resulta en baja rentabilidad económica. El suministro de un balance óptimo de energía y proteína en la dieta es importante para satisfacer las necesidades de síntesis proteica y crecimiento (Hernández *et al.*, 2010).

5.1.1 Cómputo químico

Los aminoácidos esenciales solo se incorporan al organismo a través de la dieta y son importantes para la síntesis de proteínas musculares y por tanto para el crecimiento. El déficit alimentario de cualquiera de estos aminoácidos puede causar alteraciones del desarrollo (Tacon, 1992; Roberts, 2012). Por eso el método del cómputo químico se basa en el criterio de que mientras más cercano sea el perfil de aminoácidos de la proteína que se evalúa a los requerimientos de la especie, mayor será el valor nutricional de dicha proteína.

En la literatura, no se encontraron los requerimientos de aminoácidos esenciales del híbrido de tilapia *Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*. Solo se informa que para alimentar alevines de este híbrido a partir de 1,7 g a base de soya se requiere el suplemento de 1,57 % de metionina y cistina en la dieta (Figueiredo-Silva *et al.*, 2014).

Según se muestra en la figura 2, el contenido aminoacídico de los piensos P10, P15 y P24 no cubre los requerimientos de *O. niloticus* reportados por Santiago y Lovell (1988), excepto para la valina y la leucina. Sin embargo, si se emplea como proteína patrón los requerimientos de *O. mossambicus*, solo 2 aminoácidos aparecen en los tres piensos evaluados como limitantes: la lisina y la treonina. La lisina es con frecuencia

uno de los aminoácidos limitantes en ingredientes usados para la producción comercial de piensos acuícolas, especialmente cuando la harina de pescado se sustituye por fuentes proteicas vegetales (Mai *et al.*, 2006).

No se encontró referencia sobre la posible diferencia de los requerimientos de aminoácidos entre las especies parentales del híbrido *O. niloticus* y *O. mossambicus* y el híbrido mismo. Al parecer, los requerimientos de aminoácidos para las tilapias, varían según el peso inicial, el método empleado y la especie o variante genética que se emplee (Masagounder, 2017). Por lo que es posible que el híbrido *Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*, tenga valores de requerimientos diferentes a los de sus especies parentales.

5.1.2 Hidroestabilidad de los piensos

La hidroestabilidad de los pellets es un parámetro de calidad importante en la manufactura de dietas para la acuicultura. La hidroestabilidad se define como la retención de la integridad física del pellet, con una mínima desintegración y lixiviación de nutrientes mientras está sumergido, hasta que es consumido por el animal. La baja estabilidad de los pellets en el agua afecta el consumo del alimento y por tanto la tasa de crecimiento específico de los peces, los niveles de conversión del alimento y por supuesto el costo (Muñoz Latuz, 2004; Hoyos *et al.*, 2017).

Además, la calidad del agua de cultivo se puede deteriorar a causa de que el alimento no consumido se asienta en el fondo y su degradación por bacterias anaeróbicas puede dar lugar a metabolitos tóxicos como el amonio y el nitrito (Avnimelech y Ritvo, 2003).

Los piensos utilizados en este estudio no mostraron diferencias significativas en la hidroestabilidad y presentaron pérdidas de materia seca inferiores al 20 %. Según Balsinde *et al.*,(2003), las pérdidas de materia seca de los piensos acuícolas no deben superar el 20 % al cabo de las 2 h, debido a que se pierden los nutrientes por lixiviación.

Como los piensos P10, P15 y P24 no contienen aglutinantes sintéticos en su composición, los bajos valores de pérdida de materia seca, pudieran explicarse por el proceso de compactación de los pellets durante la manufactura y el gran tamaño de estos (6 mm de diámetro) (Khater *et al.*, 2014), la inclusión de proteínas de soya con propiedades adhesivas a causa de las fuerzas intermoleculares (electrostáticas y de

enlaces covalentes disulfuro) (Obirikorang *et al.*, 2015) y de almidón del trigo (Fox *et al.*, 2000) y otros carbohidratos que funcionan como aglutinantes naturales (Ighwela *et al.*, 2013).

5.1.3 Atractabilidad

La respuesta alimentaria de los peces se caracteriza por una secuencia estereotipada de comportamientos controlados por varias modalidades sensoriales, donde el olfato es el primer sentido implicado (Pereira da Silva y Pezzato, 2000). Los atrayentes son compuestos químicos que detectan los receptores olfatorios y posibilitan que los animales localicen el alimento de forma rápida (Alvarez *et al.*, 2004).

El índice de atractabilidad es el porcentaje de la frecuencia de visitas al alimento de un comedero cuando se someten los animales frente a 2 piensos diferentes. Mientras mayor es este índice, mayor es la atractabilidad de ese alimento.

Como se observa en la figura 3, los piensos P15 y P24 presentaron IA que no difieren significativamente entre sí ($p > 0,05$). No obstante, sí se comprobaron diferencias de estos con el IA de P10, este último menor. Según Alvarez *et al.*, (2004) las diferencias cualitativas y cuantitativas de aminoácidos contenidos en los distintos piensos son responsables de la variación del poder atrayente de estos. Por ejemplo, la alanina, el ácido glutámico y la serina pueden estimular el apetito y la respuesta alimentaria en ciertos peces, aunque los mecanismos son desconocidos (Shamushaki *et al.*, 2007). La fenilalanina y la tirosina también podrían promover la ingestión de alimentos por los peces en su medio natural (Li *et al.*, 2009).

Otro de los factores que puede influir en la preferencia de los peces hacia algún alimento específico es la hidroestabilidad (Jaime-Ceballos, 2006), sin embargo, la misma fue similar en los 3 piensos, por lo que se atribuye sólo a la composición del alimento.

5.2 Adaptación de larvas de tilapia roja al ambiente marino

Los valores de temperatura y dioxígeno disuelto (tabla 8) se encuentran dentro del rango óptimo reportado por Saavedra-Martínez (2006) para el cultivo de tilapias *Oreochromis sp.* Este autor sugiere que la temperatura óptima para el crecimiento se encuentra entre

20 y 30 °C y el dióxígeno disuelto debe mantenerse por encima de 3 mg/l. Las condiciones ambientales y manipulación adecuadas minimizan el estrés en los peces.

El alto valor de supervivencia larval (99,58 %) obtenido en este estudio durante la adaptación al ambiente marino, se puede relacionar con varios factores. En primer lugar se encuentran las características intrínsecas del híbrido. Se ha comprobado que los híbridos de tilapia poseen mayor crecimiento y supervivencia en salinidades superiores en comparación con las especies (Martínez-Contreras, 2003).

En segunda instancia, el tamaño de las tilapias (larvas de 0,1 g) cuando se realizó la transferencia de 0 a 35 ups también pudo influir en la supervivencia larval. En las tilapias, la tolerancia a la salinidad varía ontogenéticamente y por tanto la supervivencia y el crecimiento en agua de mar se pueden afectar por el estadio de desarrollo al cual se inicia la adaptación. Algunos autores reportan que la transferencia prematura al agua de mar afecta la supervivencia (Watanabe *et al.*, 1985). No obstante, en este trabajo se comprobó que las larvas del híbrido de tilapia roja se pueden adaptar al agua de mar con alta supervivencia.

El método de adaptación gradual a salinidades superiores también es otro factor determinante de la supervivencia larval. Sallam *et al.*, (2017) mostraron que cuando se transfieren directamente a 36 ups (sin adaptación gradual), las larvas de tilapia roja de Florida (*O. mossambicus* x *O. urolepis hornorum*) provenientes de reproductores cultivados en agua dulce, ocurre el 100 % de mortalidad después de la primera semana de exposición. Otro estudio indicó que cuando los reproductores desovan en salinidad de 30 ups, la supervivencia larval de la tilapia roja es de 52,8 % (Malik *et al.*, 2017). En varias investigaciones, se ha comprobado que el método de adaptación gradual a salinidades superiores, aunque consume más agua y requiere mayor mano de obra, es más efectivo en la supervivencia de los peces (Martínez-Contreras, 2003; El-Sayed, 2006; Fraga *et al.*, 2012).

Por último, otro elemento importante es el suministro de alimento de calidad nutricional durante la adaptación. Según Govind (2013), la supervivencia larval es el paso más crítico en la industria acuícola de cualquier especie, especialmente cuando se utilizan dietas artificiales, por lo cual las larvas de peces deberían cultivarse con alimento vivo para maximizar la supervivencia. Sin embargo, contrario a esta cita, otros autores

reportan mayor crecimiento y supervivencia para larvas de 1 g de *O. variabilis* alimentadas con dietas artificiales formuladas que con fitoplancton (Maithya *et al.*, 2017). En este estudio en particular, las larvas de tilapia roja se alimentaron a saciedad con pienso *Skretting* de 55 % de proteína bruta y la supervivencia no se afectó.

5.3 Evaluación del crecimiento de tilapia roja y la productividad del cultivo

Los parámetros de calidad de agua (tabla 9) estuvieron dentro del rango tolerable por las tilapias en cultivo (Saavedra-Martínez, 2006).

Algunos autores consignan que las tilapias rojas (*O. niloticus* x *O. mossambicus*) crecen más rápido en agua dulce que en ambiente marino, incluso con diferencias entre cepas. Por ejemplo, en agua dulce, las tilapias de Taiwán tienen mayor crecimiento que las de Filipinas y de Tailandia; pero en ambiente marino (30 ups), las cepas de Filipinas y Tailandia superaron a la cepa de Taiwán (Pongthana *et al.*, 2010). Según Mena-Herrera *et al.*, (2002), los híbridos de *O. niloticus* x *O. mossambicus* a partir de 73 g, crecen más y con mayor supervivencia en salinidades inferiores a 15 ups en comparación con salinidades de 25 y 35 ups.

Por otro lado, Martínez-Contreras (2003) mostró que el híbrido *O. niloticus* x *O. mossambicus* en agua de mar tiene mayor velocidad de crecimiento que las especies parentales y por tanto es la mejor opción para cultivar en ambiente marino. En ese estudio, alevines de 60 g de peso promedio se sembraron directamente en jaulas en el mar y en tres meses de cultivo intensivo alcanzaron más de 500 g con una supervivencia del 86 % y FCA de 1,75, adecuado para fines comerciales. Además, no se encontró diferencias significativas en el crecimiento de alevines de 2 g del mismo híbrido cultivado a 0, 5, 17 y 32 ups con dietas de 40 % de proteína (García-Ulloa *et al.*, 2001) y sí una correlación significativamente positiva en el aumento relativo del peso con el incremento en la salinidad (Kamal y Mair, 2005).

Se ha documentado que el peso de la tilapia ganado por día aumenta en relación directamente proporcional con el incremento de la salinidad hasta un punto, denominado isosalino, alrededor de 12 ups, cuando el gradiente osmótico entre el medio acuático y el plasma del pez es nulo (Watanabe *et al.*, 1988). Los cambios fisiológicos asociados con la adaptación a agua salada en las tilapias son de corta duración y

demandan gran cantidad de energía metabólica. En la osmorregulación, con aumentos de la salinidad, aumenta la demanda metabólica (El-Sayed, 2006).

En este bioensayo, las larvas de tilapia roja se cultivaron a 36 ups. Al finalizar el experimento a los 55 días, se obtuvieron supervivencias superiores al 90 % para los tres tratamientos. Además, no se detectaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los indicadores de crecimiento y productivos evaluados con los distintos niveles de inclusión de harina de pescado en los piensos (tabla 11). Se evidenció de este modo que los tres piensos aportaron los requerimientos nutricionales de las larvas del híbrido de tilapia roja cultivadas en ambiente marino, aunque se observó una ligera tendencia a aumentar el crecimiento con el incremento de la harina de pescado en el pienso.

El crecimiento de las larvas de tilapia roja en ambiente marino fue superior a 2 g, valor de crecimiento reportado por Llanes *et al.*, (2015) para larvas de tilapia del Nilo Gift (*Oreochromis niloticus*) cultivadas en agua dulce, con peso inicial de 0,143 g y alimentadas durante 60 días con una dieta de 12 % de harina de pescado y 40 % de harina de soya (30, 4 % de proteína bruta). Esto muestra el potencial del híbrido para crecer rápidamente en agua salada.

Las tasas de crecimiento específico (en peso corporal) de las tilapias rojas cultivadas en el presente experimento fueron superiores a 6 %/día (tabla 11). Según García-Ulloa *et al.*, (2001) la tasa no varía con las salinidades de 0, 5, 17 y 32 ups en el alevinaje de tilapia roja a partir de 2 g, y el valor de 4,61 %/día fue menor que el reportado en este estudio. Larvas de 0,29 g del híbrido *O. niloticus* x *O. urolepis urolepis* cultivadas a 35 ups tuvieron una tasa de 6,12 %/día (Mapenzi y Mmochi, 2016). Al parecer, las altas tasas de crecimiento de los híbridos de tilapia en comparación con las especies, se debe a la combinación de caracteres heredados de ambos parentales.

Sousa *et al.*, (2013) reportaron valores desde 4,84 a 5,20 %/día para post-larvas hasta 0,3 g de *O. niloticus* alimentadas con pienso comercial de 42 % de proteína; mientras que Odinga *et al.*, (2018) obtuvieron valores desde 1,96 a 5,08 %/día para larvas hasta 0,8 g de la misma especie cultivadas en agua dulce con pienso de 45 % de proteína. Adicionalmente, la tasa de crecimiento específico puede variar con los días de cultivo y con la dieta (Maithya *et al.*, 2017). Es mayor en los estadíos larvales y con dietas que cubren los requerimientos de proteínas de la especie.

La relación largo-peso puede variar significativamente incluso dentro de la misma especie debido a que se afecta por factores como el sexo, la variación estacional, la fase de crecimiento, el contenido estomacal, el desarrollo gonadal, así como el estado de salud de los peces (Gaspar *et al.*, 2012). En este estudio, los coeficientes “b” (tabla 10) están en conformidad con los reportados por Mapenzi y Mmochi (2016). El factor de condición provee información sobre la variación del estado fisiológico de los peces, ya que mientras mayor es este valor para una longitud dada, indica que el peso es mayor y por tanto está en mejor condición. Además puede usarse para determinar la actividad alimentaria de una especie y comprobar si aprovecha de forma eficiente su fuente de alimento. Para peces en cultivo, se recomienda que el factor de condición esté cercano o por encima de 1 (Olufeagba *et al.*, 2016). Los valores del factor de condición de los alevines de tilapia roja cultivados en agua de mar con los piensos P10, P15 y P24 se hallaron entre 1,79 y 1,87, sin diferencias significativas. Estos se encuentran dentro del rango 1,4 – 2,22 reportado en alevines de *O. niloticus* de 2,1 g (Ighwela *et al.*, 2011), los cuales indican buen estado de salud durante el experimento.

Al final del bioensayo, la supervivencia de los alevines fue superior al 90 % en los tres tratamientos, lo cual es deseable en la etapa de alevinaje. Los valores del factor de conversión del alimento obtenidos en este experimento con los piensos de 10, 15 y 24 % de inclusión de harina de pescado, fueron cercanos a 1 (figura 5) e inferiores a 2,19, valor referenciado para el pienso de 12 % de harina de pescado (Llanes *et al.*, 2015). Además, fueron similares a los FCA reportados para larvas de *O. niloticus* cultivadas en condiciones de laboratorio a 0, 15, 20 y 25 ups y alimentadas con dieta de 30 % de proteína bruta (Larumbe-Morán *et al.*, 2010). Entre los elementos que afectan el consumo y por tanto el factor de conversión del alimento se encuentran las prácticas de manejo, las condiciones ambientales, la calidad del alimento, los factores genéticos inherentes y la condición fisiológica de los peces en cultivo (Eriegha y Ekokotu, 2017).

La tasa de eficiencia proteica indica cuánto se aprovecha la proteína del alimento suministrado en incrementar el peso corporal del organismo. La utilización proteica disminuye con el aumento de los niveles dietarios de proteínas y con mayores tamaños de las tilapias. Esto se debe a que gran parte de la ganancia en peso está relacionada con la deposición proteica y la acumulación de estos nutrientes depende del equilibrio entre su catabolismo y anabolismo. En larvas de 0,5 g de tilapia del Nilo cultivadas en agua

dulce, el mayor valor de esta tasa fue 2,35 y se obtuvo con una dieta de 25 % de proteína cruda, a pesar de que alcanzó mayor crecimiento con la dieta de 45 % (Abdel-Tawwab *et al.*, 2010). Aunque la tasa de eficiencia proteica difiere entre especies, es de destacar que los valores obtenidos en este estudio (tabla 11) son similares al reportado (3,62) por Larumbe-Morán *et al.*, (2010) para larvas de *O. niloticus* cultivadas con dietas de 30 % de proteína bruta a 25 ups.

5.4 Discusión General

A nivel mundial se realizan esfuerzos ingentes para sustituir la harina y el aceite de pescado en los piensos acuícolas. En el caso particular de las tilapias, numerosos trabajos han contribuido a evaluar la harina de soya como posible alternativa factible a incluir en las dietas prácticas (Trosvik *et al.*, 2013; Figueiredo-Silva *et al.*, 2014; Ochieng Ogello *et al.*, 2014; Ajani *et al.*, 2016; Sharda *et al.*, 2017). Actualmente los niveles de inclusión de harina de pescado (1,5 %) y aceite de pescado (0,5 %) en los alimentos usados en la producción de tilapia en China son relativamente bajos en comparación con otras especies de peces cultivados (Rome-Peebles, 2018). Sin embargo, aunque algunos autores sugieren que en el crecimiento de las tilapias es más importante el nivel de proteína que la fuente de proteína en la dieta (Al-Kenawy *et al.*, 2008), aún existen limitantes ante la sustitución completa de la harina de pescado por la harina de soya (Koumi *et al.*, 2009; Trosvik *et al.*, 2013; Daniel, 2018).

En Cuba, en ambiente marino sólo se han llevado a cabo experimentos con larvas de 0,4 g y alevines de 2,6 g (hasta 18 g) de *Oreochromis hornorum* x *O. mossambicus*, con dietas de 33 % de proteína bruta (García y Sedjro, 1987; 1988) y con alevines de *O. aureus* x *O. mossambicus* de más de 20 g con piensos de 28-30 % de proteína a base de harina de soya. En este último ensayo se observó que la tasa de crecimiento de las tilapias fue superior en ambiente marino que en ambiente dulceacuícola empleando el mismo tipo de alimento (Fraga *et al.*, 2012).

Los resultados de este trabajo corroboran la hipótesis y evidencian la posibilidad de alimentar larvas de tilapia roja *O. niloticus* x *O. mossambicus* adaptadas al ambiente marino con los piensos de producción nacional con 30 % de proteína bruta y niveles de inclusión de 10, 15 y 24 % de harina de pescado. Este híbrido mostró gran potencial de

crecimiento en ambiente marino lo que permitiría el desarrollo de la acuicultura marina en Cuba.

Los tres piensos presentaron similares valores de lípidos e hidroestabilidad. Al parecer las diferencias en el nivel de proteína y en los aminoácidos, así como en el poder atrayente entre P10 y P24, no tuvo ninguna repercusión en el consumo y el aprovechamiento de los alimentos por las larvas.

Como los piensos evaluados fueron igualmente valiosos nutrimentalmente y resultaron en indicadores biológico-productivos similares en la alimentación larval de la tilapia roja, se considera adecuado el uso del pienso de 10 % de inclusión de harina de pescado en los cultivos marinos de este híbrido. La implementación de estos resultados redonda en menor costo por concepto de alimentación en futuros cultivos.

La proteína vegetal en estas formulaciones fue proporcionada por la harina de soya principalmente y fue complementaria y utilizada de forma tan eficiente como la proteína animal.

Desde el punto de vista nutricional, en este trabajo se presentan por primera vez para larvas de tilapia roja *O. niloticus* x *O. mossambicus*, valores de proteínas y lípidos, así como estimados de aminoácidos y energía, con los cuales se obtienen crecimientos adecuados en ambiente marino. Estos sirven como referencia al evaluar otras dietas prácticas o piensos importados con la finalidad de cultivar la tilapia roja en ambiente marino, hasta que se realicen los estudios nutricionales básicos.

6. CONCLUSIONES

Los piensos comerciales cubanos con niveles de inclusión de 10, 15 y 24 % de harina de pescado presentan similar composición nutricional para la alimentación de larvas y alevines de tilapia roja en ambiente marino.

Los piensos comerciales cubanos con niveles de inclusión de 10, 15 y 24 % de harina de pescado se pueden utilizar en el alevinaje de tilapia roja en ambiente marino.

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios nutricionales básicos (de requerimientos, ración y frecuencia y la determinación de la composición aminoacídica) del híbrido de tilapia roja desde larvas hasta alevines.
- Se recomienda realizar un experimento de alevinaje de tilapia roja en ambiente marino a escala piloto con el pienso P10.
- Se propone comparar los crecimientos en ambiente marino de los híbridos de tilapia roja y tilapia roja israelí presentes en el país, durante la etapa de alevinaje, con dietas de 30 % de proteína y 5 % de inclusión de harina de pescado y el P10 como control.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- 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.
- Al-Kenawy, D., El-nagger, G., Mohamed, Y. A. Z. (2008). Total replacement of fishmeal with soybean meal in diets for Nile tilapia in pre-fertilized ponds. *Proceedings of the Eighth International Symposium on tilapia in Aquaculture*, Cairo, Egypt, October 12-14.
- Alvarez, J., García, T., Villarreal, H., Galindo, J., Fraga, I., Pelegrin, E. (2004). Alternativas para obtener alimentos más eficientes en el engorde semi-intensivo del camarón blanco *Litopenaeus schmitti*. En L.E. Cruz Suárez, D. Ricque Marie, M. G. Nieto López, D. Villarreal, U. Scholz, y M. González (Eds.), *Avances en Nutrición Acuícola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, Hermosillo, Sonora, México, 16-19 de noviembre.
- Anderson, J.; Jackson, A.J., Matty, A.J., Capper, B.S. (1984). Effects of dietary carbohydrate and fiber on the tilapia *Oreochromis niloticus* (Linn.). *Aquaculture*, 37(4), 303-314.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (2000). *Official Methods of Analysis*. 17th Edition, Gaithersburg, MD, United States.
- 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.
- Avnimelech, Y., Ritvo, G. (2003). Shrimp and fishpond soils: processes and management. *Aquaculture*, 220, 549–567.
- Balcázar, J. L., Aguirre, A., Gómez, G., Paredes, G. (2006). Culture of hybrid red tilapia (*Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis niloticus*) in marine cages: effects of stocking density on survival and growth. <https://cals.arizona.edu/azaqua/ista/ista6/ista6web/pdf/479.pdf>
- Balsinde, M., Castro, I., Galindo, J. (2003). Inclusión de ensilado de pescado como alternativa en la elaboración de alimento extruido para el camarón de cultivo (*Litopenaeus schmitti*). *Memorias del II Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura* (pp. 303-309).
- Barreto-Curiel, F., Durazo, E., Viana, M. T. (2015). Crecimiento, excreción de amonio y consumo de oxígeno de la tilapia híbrida roja (*Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis aureus*) cultivada en agua de mar y en agua dulce. *Cienc. Mar.*, 41(3), 247–254.

- Brett, J. R. (1973). Energy expenditure of Sockeye salmon *Oncorhynchus nerka*, during sustained performance. *J. Fish. Res. Board Can.*, 30(12), 1799-1809.
- Cárdenas-Dávila, P. E. (2012). *Crecimiento y supervivencia de tilapia roja híbrida (Oreochromis spp.) cultivada en jaula flotante en ambiente marino*. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias Agropecuarias. Colegio de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, Sinaloa, México.
- Castillo, L. F. (2009). Estado actual de la tilapia. *Memorias de la Segunda Jornada de Actualización de la Tilapia*, Ciudad de Puerto Vallarta, Jalisco, México, 11-15 de septiembre.
- Contrera-Castro, J. H. (2012). Efecto sobre el rendimiento técnico de la Tilapia Nilótica Chitralada resultante de la sustitución de la dieta con Falso Girasol y Morera en la etapa de ceba. *CITECSA*, 3(4), 1-11.
- Cruz-Suárez, L.E., Ruiz, P.P., Cota, E., Nieto, M.G., Guajardo, C., Tapia, M., Villarreal, D., Ricque, D. (2006). Revisión sobre algunas características físicas y control de calidad de alimentos comerciales para camarón en México. En L.E. Cruz Suárez, D. Ricque Marie, M. Tapia Salazar, M. G. Nieto López, D. Villarreal, A. C. Puello Cruz y A. García Ortega (Eds.), *Avances en Nutrición Acuícola VIII. Memorias del VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, Monterrey, Nuevo León, México, 15-17 de noviembre.
- Damas T., Portales, A., Millares, N., Días, G. (2015). Mejoramiento genético de tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *O. aureus*) y su cría en ambiente marino. *Rev. Cub. Inv. Pesq.*, 32(1), 40-47.
- Damas, T., Millares, N., Rivero, D., Díaz, G., Alonso, M. (2007). Programa de formación de bancos de reproductores de Tilapia roja Israelí. *Acuacuba*, 9(2), 34-44.
- Daniel, N. (2018). A review on replacing fish meal in aqua feeds using plant protein sources. *IJFAS*, 6(2), 164-179.
- Devic, E., Leschen, W., Murray, F., Little, D.C. (2017). Growth performance, feed utilization and body composition of advanced nursing Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets containing Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae meal. *Aquacult. Nutr.*, 0, 1-8.
- Dunz, A. R., Schliewen, U. K. (2013). Molecular phylogeny and revised classification of the haplotilapiine cichlid fishes formerly referred to as "Tilapia". *Mol. Phylogenet. Evol.*, 68(1), 64-80.
- 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.

- El-Sayed, A. F. M. (2004). Protein nutrition of farmed tilapia: searching for unconventional sources.
https://www.researchgate.net/publication/237324012_Protein_nutrition_of_farmed_Tilapia_searching_for_unconventional_sources
- El-Sayed, A. F. M. (2006). Tilapia culture in salt water: environmental requirements, nutritional implications and economic potentials. En L.E. Cruz Suárez, D. Ricque Marie, M. Tapia Salazar, M. G. Nieto López, D. Villarreal, A. C. Puello Cruz y A. García Ortega (Eds.), *Avances en Nutrición Acuícola VIII. Memorias del VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, Monterrey, Nuevo León, México, 15-17 de noviembre.
- 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>
- Fiess, J. C., Kunkel-Patterson, A., Mathias, L., Riley, L. R., Yancey, P. H., Hirano, T., Grau, E. G. (2007). Effects of environmental salinity and temperature on osmoregulatory ability, organic osmolytes, and plasma hormone profiles in Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Comp. Biochem. Physiol. A*, 146, 252-264.
- Figueiredo-Silva, C., Lemme, A., Sangsue, D., Kiriratnikom, S. (2014). Effect of DL-methionine supplementation on the success of almost total replacement of fish meal with soybean meal in diets for hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* × *Oreochromis mossambicus*). *Aquacult. Nutr.*, 21, 234-241.
- FISHBASE (2018). <https://www.fishbase.de/identification/SpeciesList.php?genus=Oreochromis>
- FISHSTAT (2017). <http://www.fao.org/fishery/statistics/en>
- 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.
- Fox, J., Treece, G. D., Sanchez, D. (2000). Nutrición y manejo del alimento. Métodos para mejorar la camaronicultura en Centroamérica. http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/1066/es_04_shrimp_farming_methods.pdf
- Fraga, I., Flores, E. R., Reyes, R., Llanes, Y. (2012). Efecto de diferentes densidades de siembra en el engorde de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* × *O. aureus*) en jaulas colocadas en la bahía de Casilda, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 32(1), 16-23.
- García, T., Sedjro, K. (1987). Estudio comparativo del crecimiento de la perca dorada (*Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis hornorum*) en agua dulce y salada. *Rev. Invest. Mar.*, 8(2), 61-65.

- García, T., Sedjro, K. (1988). Influencia de los niveles de proteína de la dieta en el crecimiento de la perca dorada (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis hornorum*) cultivada en agua de mar. *Rev. Invest. Mar.*, 9(2), 105-110.
- García-Ulloa, M., Villa, R. L., Martínez, T. M. (2001). Growth and feed utilization of the Tilapia Hybrid (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*) cultured at different salinities under controlled laboratory conditions. *J. World Aquacult. Soc.*, 32, 117–121.
- Gaspar, S., Tobes, I., Miranda, R., Leunda, P. M., Peláez, M. (2012). Length–weight relationships of sixteen freshwater fishes from the Hacha River and its tributaries (Amazon Basin, Caquetá, Colombia). *J. Appl. Ichthyol.*, 28(4), 667–670.
- González-Fernández, J. G. (2012). Parasitofauna en tilapia causante de mortalidad en alevinos en dos centros de cultivos, Lima, Perú. *Neotrop. Helminthol.*, 6(2), 219-229.
- Govind, P. (2013). Feed Formulation and Feeding Technology for Fishes. *Int. Res. J. Pharm.*, 4(3), 23-30.
- Groenewald, N. J. (2018). *Comparisons of growth performance of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) fingerlings fed different inclusion levels of black soldier fly (Hermetia illucens) pre-pupae meal diets and its effect on the physical characteristics of the feed.* Thesis presented in fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Agriculture (Aquaculture) at Stellenbosch University, Stellenbosch, Western Cape, South Africa.
- 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.* Thesis presented in fulfillment of the requirements for the degree of Master of Animal Science. Swedish University of Agricultural Sciences, Giang University, Vietnam.
- Halver, J. E. (1980). Lipids and Fatty Acids. Fish Feed Technology. *Lectures presented at the FAO/UNDP Training Course in Fish Feed Technology*, College of Fisheries, University of Washington, Seattle, Washington, United States, 9 October-15 December 1978. <http://www.fao.org/3/x5738e/x5738e05.htm>
- 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
- Hernández, G., González, J., Alfonso, E., Salmeron, Y., Pizzani, P. (2010). Efectos de la relación energía/proteína sobre el desempeño productivo en larvas de Coporo (*Prochidolus mariae*). *Zootecnia Trop.*, 28(2), 173-182.
- Hoyos, J. L., Villada, H. S., Fernández, A., Ortega-Toro, R. (2017). Parámetros de calidad y metodologías para determinar las propiedades físicas de alimentos extruidos para peces. *Inf. Tecnol.*, 28(5), 101-114.

- Ighwela, K. A., Ahmed, A. B., Abol-Munafi, A. B. (2011). Condition factor as an indicator of growth and feeding intensity of Nile Tilapia fingerlings (*Oreochromis niloticus*) feed on different levels of maltose. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 11(4), 559-563.
- Ighwela, K.A., Ahmed, A. B., Abol-Munafi, A.B. (2013). Water stability and nutrient leaching of different levels of maltose formulated fish pellets. *Glob. Vet.*, 10(6), 638-642.
- Index Mundi. (2018). <https://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=harina-de-pescado>
- Isla-Molleda, M. (2018). Resumen de especies con potencial para el cultivo marino en Cuba. *Memorias de la Reunión Técnica Nacional para el perfeccionamiento de la estrategia de maricultura en Cuba*, La Habana, Cuba, 19 al 22 de febrero.
- Jaime-Ceballos, B. J. (2006). *Evaluación de la harina de Spirulina platensis como alimento y aditivo para la reproducción de postlarvas de camarón blanco Litopenaeus schmitti (Pérez-Farfante y Kensley, 1997)*. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias en uso, manejo y preservación de los recursos naturales, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, México.
- Jauncey, K., Tacon, A. C. J., Jackson, A. J. (1983). The quantitative essential amino acid requirements of *Oreochromis (Sarotherodon) mossambicus*. *Proceedings of the First International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, Tel Aviv, Israel, May 8-13.
- 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.
- Kamal, A. H. M. M., Mair, G. C. (2005). Salinity tolerance in superior genotypes of tilapia, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis mossambicus* and their hybrids. *Aquaculture*, 247(4), 189–201.
- Karunaarachchi, K. A. C. M., Kumari, M. A. A. P., Adikari, A. M. J. B., Nayananjalie, W. A. D. (2018). Effect of biofloc on growth of genetically improved farmed tilapia juveniles in indoor condition. *IJFAS*, 6(4), 295-299.
- Khater, E. G., Bahnasawy, A. H., Ali, S. A. (2014). Physical and mechanical properties of fish feed pellets. *J. Food Process. Technol.*, 5(10), 378-383.
- Koumi, A.R., Atse, B.C., Kouame, L. P. (2009). Utilization of soya protein as an alternative protein source in *Oreochromis niloticus* diet: Growth performance, feed utilization, proximate composition and organoleptic characteristics. *Afr. J. Biotechnol.*, 8(1), 91-97.
- Labib, E. M. H., Zaki, M. A., Mabrouk, H.A. (2012). Nutritional studies on partial and total replacement of fishmeal by Jojoba Meal (*Simmondsia chinensis*) in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings diets. *APCBEE Procedia*, 4, 196 – 203.

- 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.
- Li, P., Mai, K., Trushenski, J., Wu, G. (2009). New developments in fish amino acid nutrition: towards functional and environmentally oriented aquafeeds. *Amino Acids*, 37, 43–53.
- Lim, C, Yildirim-Aksoy, M., Klesius, P. (2011). Lipid and Fatty Acid Requirements of Tilapias. *North Am. J. Aquacult.*, 73, 188–193.
- Llanes J., Toledo, J., Savón, L., Gutiérrez, O. (2011). Evaluación nutricional de ensilajes de residuos pesqueros para la alimentación de tilapias rojas (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). *Rev. Cub. Inv. Pesq.*, 28(2),15-20.
- 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.
- Llanes, Y., Kobayashi, K., Kino, S., Reyes, R., Fernández, N., Fraga, I. (2013). Características esenciales en el desarrollo embrionario y larval del pargo criollo (*Lutjanus analis*), inducido mediante tratamiento hormonal. *Rev. Cub. Inv. Pesq.*, 30(1), 49-52.
- Madage, S. S. K., Medis, W. U. D., Sultanbawa, Y. (2015). Fish silage as replacement of fishmeal in red tilapia feeds. *J. Appl. Aquacult.*, 27, 95–106.
- Mai, K., Zhang, L., Ai, Q., Duan, Q., Zhang, C., Li, H., Wan, J., Liufu, Z. (2006). Dietary lysine requirement of juvenile seabass (*Lateolabrax japonicus*). *Aquaculture*, 258, 535–542.
- 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.
- 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.
- 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.
- Martínez-Contreras TM (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.
- Masagounder, K. (2017). Amino acid recommendations for tilapia: a review of available data and principle behind Aminotilapia. *Amino News*, 21(2), 1-15.

- Mena-Herrera, A., Sumano-López, H., Macías-Zamora, R. (2002). Efecto de la salinidad en el crecimiento de tilapia híbrida *Oreochromis mossambicus* (Peter) x *Oreochromis niloticus* (Linnaeus), cultivadas bajo condiciones de laboratorio. *Vet. Méx.*, 33(1), 39-48.
- Méndez-Martínez, Y., Pérez-Tamames, Y., Torres-Navarrete, Y., Reyes-Pérez, J. J. (2018). Estado del arte del cultivo de tilapia roja en la mayor de las Antillas. *Biotechnia*, 20(2), 15-24.
- Montoya-Mejía, M., García-Ulloa, M., Hernández-Llamas, A., Nolasco-Soria, H., Rodríguez-González, H. (2017). Digestibility, growth, blood chemistry, and enzyme activity of juvenile *Oreochromis niloticus* fed isocaloric diets containing animal and plant byproducts. *R. Bras. Zootec.*, 46(12), 873-882.
- Moreira, R. L., Pinheiro-Silveira, L., Gomes-Teixeira, E., Moreira, A. G., Soares de Moura, P., Lobo-Farias, W. R. (2012). Growth and gastrointestinal indices in Nile tilapia fed with different diets. *Acta Sci.*, 34(3), 223-229.
- Muñoz-Latuz, O. (2004). Comparación entre extruido y pelletizado en alimentos de camarones. En L.E., Cruz Suárez, D. Ricque Marie, M. G. Nieto López, D. Villarreal, U. Scholz, y M. González. *Avances en Nutrición Acuícola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, Hermosillo, Sonora, México, 16-19 de noviembre.
- Ndau, L. J., Madalla, A. N. (2015). Effects of soaked pigeon peas on the growth of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L) fingerlings. *J. Fisheries Livest. Prod.*, 3 (1), doi: 10.4172/2332-2608.1000125
- Ng, W.K., Chong, C.Y. (2004). An overview of lipid nutrition with emphasis on alternative lipid sources in tilapia feeds. *Proceedings of the Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, Manila, Philippines, September 12-16.
- Ng, W. K., Romano, N. (2013). A review of the nutrition and feeding management of farmed tilapia throughout the culture cycle. *Rev. Aquacult.*, 4, 1-35.
- Ngugi, C. C., Oyoo-Okoth, E., Manyala, J. O., Fitzsimmons, K., Kimotho, A. (2017). Characterization of the nutritional quality of amaranth leaf protein concentrates and suitability of fish meal replacement in Nile tilapia feeds. *Aquacult. Rep.*, 5, 62-69.
- Ntabo, J. K. (2012). *Tolerance, survival rate and growth of tilapia (Oreochromis niloticus) fingerlings at different salinity levels*. Special project submitted in partial fulfillment for the requirements for the award of Bachelor of Science in Fisheries and Aquatic Sciences, Mol University, Kenya.
- Obirikorang, K. A., Amisah, S., Fialor, S. C., Skov, P. V. (2015). Effects of dietary inclusions of oilseed meals on physical characteristics and feed intake of diets for the Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquacult. Rep.*, 1, 43-49.
- Obirikorang, K. A., Amisah, S., Skov, P. V. (2016). Growth performance, feed utilization and sensory characteristics of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* fed diets with high inclusion levels of copra meal. *J. Anim. Res. Nutr.*, 1(4), 1-7.

- Ochieng-Ogello, E., Mbonge-Munguti, J., Sakakura, Y., Hagiwara, A. (2014). Complete replacement of fish meal in the diet of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) Grow-out with alternative protein sources. A review. *Int. J. Adv. Res.*, 2(8), 962-978.
- 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.
- 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.
- 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>
- Pereira da Silva, E. M., Pezzato, L. E. (2000). Respostas da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) à atratividade e palatabilidade de ingredientes utilizados na alimentação de peixes. *R. Bras. Zootec.*, 29(5), 1273-1280.
- Pezzato, L., Castagnolli, N., Rossi, D. (2001). *Nutrición y alimentación de peces*. Manual No. 295, Serie Acuicultura, Centro de Producciones Técnicas, Vicososa- MG.
- Pineda, H. F., Zuluaga, C. A., Vertel, V. A. (2012). Evaluación de la morfometría y del hábito alimenticio de tilapia roja *Oreochromis sp.* y tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* var. Chitralada bajo diferentes condiciones de manejo en dos granjas piscícolas del occidente antioqueño. *Rev. Politécnica.*, 8 (14), 97-104.
- 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.
- Poot-López, G. R., Gasca-Leyva, E., Olvera-Novoa, M. A. (2012). Producción de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus* L.) utilizando hojas de chaya (*Cnidioscolus chayamansa* Mc Vaugh) como sustituto parcial del alimento balanceado. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 40(4), 835-846.
- Roberts, R. J. (2012). *Fish Pathology*. 4th Edition, John Wiley & Sons, Blackwell Publishing Ltd. Online ISBN: 9781118222942
- Rome-Peebles, D. (2018). Tilapia (*Oreochromis spp.*) China Ponds. https://www.seafoodwatch.org/-/m/sfw/pdf/reports/t/mba_seafoodwatch_tilapiachinareport.pdf
- Saavedra-Martínez MA. (2006). *Manejo del cultivo de tilapia*. <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.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.

- Santiago, C. B., Lovell, R.T. (1988). Amino acid requirement for growth of Nile tilapia. *J. Nutr.*, 118, 1540-1546.
- Sarker, P. K., Gamble, M. M., Kelson, S., Kapuscinski, A., R. (2016). Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) show high digestibility of lipid and fatty acids from marine *Schizochytrium sp.* and of protein and essential amino acids from freshwater *Spirulina sp.* feeds ingredients. *Aquacult. Nutr.*, 22, 109-119.
- Shamushaki, V.A.J., Kasumyan, A.O., Abedian, A., Abtahi, B. (2007). Behavioural responses of the Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) juveniles to free amino acid solutions. *Mar. Freshw. Behav. Phys.*, 40, 219–224.
- 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), 845-949.
- Shiau, S.Y. (2002). Tilapia, *Oreochromis spp.* En C. D. Webster y C.E Lim (eds), *Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture* (pp. 273-292). Library of Congress Cataloging in Publication Data. New York, United States.
- Sousa, S. M., Freccia, A., dos Santos, L. D., Meurer, F., Tessaro, L., Bombardelli, R. A. (2013). Growth of Nile tilapia post-larvae from broodstock fed diet with different levels of digestible protein and digestible energy. *R. Bras. Zootec.*, 42(8), 535-540.
- Suárez-López, M. M., Kizlansky, A., López, L. B. (2006). Evaluación de la calidad de las proteínas en los alimentos calculando el score de aminoácidos corregido por digestibilidad. *Nutr. Hosp.*, 21(1), 47-51.
- Tacon, A. G. J. (1992). *Nutritional fish pathology: Morphological signs of nutrient deficiency and toxicity in farmed fish*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- Tacon, A.G.J., Hasan, M.R., Allan, G., El-Sayed, A.-F., Jackson, A., Kaushik, S. J., Ng, W.-K., Suresh, V., Viana, M.T. (2012). Aquaculture feeds: addressing the long-term sustainability of the sector. En R. P. Subasinghe, J. R. Arthur, D. M. Bartley, S. S. De Silva, M. Halwart, N. Hi-shamunda, C.V. Mohan y P. Sorgeloos (eds.), *Farming the Waters for People and Food. Proceedings of the Global Conference on Aquaculture 2010*, Phuket, Thailand, September 22–25.
- Toledo, J., Llanes, J. (2012). Análisis nutricional de tilapias cultivadas en jaulas flotantes con dietas a base de proteína vegetal. *Acuacuba*, 14(1), 11-16.
- Toledo, J., Llanes, J., Romero, C. (2014). Sustitución de la harina de pescado por harina de subproductos de ave en la alimentación de alevines de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Rev. Cub. Inv. Pesq.*, 31(1), 22-24.
- Toledo, P.J. (2005). Cultivo de tilapia, experiencia en Cuba. *Memorias del I Taller Seminario de Acuicultura continental-especies de aguas templado cálidas. Desafío para el desarrollo de la acuicultura Continental Argentina*. Argentina, 30 de noviembre-2 de diciembre.

- Trewavas, E. (1983). *Tilapiine fishes of the genera Sarotherodon, Oreochromis and Danakilia*. British Museum (Natural History), Henry Ling Ltd., London, United Kingdom.
- Trosvik, K. A., Webster, C. D., Thompson, K. R., Metts, L. A., Gannam, A., Twibell, R. (2013). Effects on growth performance and body composition in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* and fry fed organic diets containing yeast extract and soybean meal as a total replacement of fish meal without amino acid supplementation. *Biol. Agric. Hortic.*, 29(3),173-185.
- Villegas, C.T. (1990). Evaluation of the salinity tolerance of *Oreochromis mossambicus*, *O. niloticus* and their F1 hybrids. *Aquaculture*, 815, 281-292.
- Viola, S., Arieli, Y., Zohar, G. (1988). Animal-protein-free feeds for hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) in intensive culture. *Aquaculture*, 75, 115-125.
- Watanabe W.O., Ernst, D. H., Olla B. L., Wicklund, R.I. (1989). Aquaculture of red Tilapia (*Oreochromis sp.*) in marine environments: state of the art. *Advances in Tropical Aquaculture, Aquacop Ifremer, Actes de Colloque 9*, Tahiti, Feb. 20 - March 4.
- Watanabe, W. O., Ellingson, L. J., Wicklund, R. I., Olla, B. L. (1988). Further investigations on the effects of salinity on growth in Florida red tilapia: evidence for the influence of behavior. *Proceedings of Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, Bangkok, Thailand, March 16-20.
- Watanabe, W. O., Kuo, C. M., Huang, M. C. (1985). The ontogeny of salinity tolerance in the tilapias *Oreochromis aureus*, *O. niloticus*, and an *O. mossambicus* × *O. niloticus* hybrid, spawned and reared in freshwater. *Aquaculture*, 47, 353-367.
- Younis, E. S. M., Al-Quffail, A. S., Al-Asgah, N. A., Abdel-Warith, A. W. A., Al-Hafedh, Y. S. (2017). Effect of dietary fish meal replacement by red algae, *Gracilaria arcuata*, on growth performance and body composition of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Saudi J. Biol. Sci.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.06.012>
- Zaldívar-Larran, F. J. (2002). Las harinas y aceites de pescado en la alimentación acuícola. En L. E.Cruz-Suárez, D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, M. G. Gaxiola-Cortés, N. Simoes (Eds.), *Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, Cancún, Quintana Roo, México, 3-6 de septiembre.