

ESTADO DEL ARTE DEL CULTIVO DE TILAPIA ROJA EN LA MAYOR DE LAS ANTILLAS

STATE OF THE ART OF CULTIVATION OF RED TILAPIA IN THE LARGEST OF ANTILLAS ISLAND

Yuniel Méndez-Martínez^{1*}, Yilian Pérez-Tamames², Yeny Torres-Navarrete¹, Juan José Reyes-Pérez^{1,2}

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Extensión La María. Quevedo - Los Ríos, Ecuador.

² Universidad Técnica de Cotopaxi. Extensión La Maná. La Maná, Ecuador.

RESUMEN

La búsqueda de formas de producción animal adecuadas ha sido tema de interés en diversos foros en el curso de los años. Destacándose el cultivo de la tilapia roja, la cual se ha convertido en uno de los peces más comercializados en el ámbito internacional. En el presente documento, se ofrece una visión general del cultivo de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*) en la isla de Cuba, abordando aspectos de la nutrición y alimentación. El archipiélago cubano es un país que posee 110.860 kilómetros cuadrados entre aguas costeras y territoriales, lo cual lo convierte en un recurso potencial para el desarrollo y cultivo de la Tilapia, la cual se destaca por su período de crecimiento relativamente más corto en relación a otros peces y por presentar alta adaptabilidad a diferentes ambientes y fuentes de alimentación siendo uno de los peces más comercializados en el ámbito internacional debido a sus características biológicas, nutricionales y organolépticas.

Palabras claves: Cultivo de tilapia, alimentación, peces, fuentes de proteína,

ABSTRACT

The search for suitable forms of animal production has been a topic of interest in various forums over the years. It is emphasized that the cultivation of red tilapia, which has become one of the most commercialized fish in the international arena. In the present document, we offer an overview of the culture of red tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*) on the island of Cuba, addressing aspects of nutrition and food. The Cuban archipelago is a country that has 110,860 square kilometers between coastal and territorial waters, which makes it a potential resource for the development and cultivation of Tilapia, which stands out for its period of relatively shorter growth compared to other fish and for presenting high adaptability to different environments and food sources. It is one of the most commercialized fish in the international scope due to its biological, nutritional and organoleptic characteristics.

Key words: Tilapia culture, feeding, fish, protein sources.

INTRODUCCIÓN

La producción mundial de alimentos procedentes de la acuicultura ha tenido un incremento anual promedio de

6.7 % con rendimientos actuales de más de 90.4 millones de ton (FAO, 2016; Méndez-Martínez *et al.*, 2018). Varias especies como el salmón (*Salmo salar*), trucha (*Oncorhynchus mykiss*), bagre (*Ictalurus punctatus*), langostino (*Macrobrachium rosenbergii*), camarón (*Litopenaeus vannamei*) entre otros, han sido cultivadas con éxito (FAO, 2016). Las tendencias indican que en el futuro esta actividad podría ser la principal fuente productora de alimentos de origen acuático (Tacon y Metian, 2015).

Dentro de la acuicultura se destaca la producción de la tilapia roja, también conocida como Mojarra roja. A nivel mundial, esta especie sobrepasa el millón de toneladas, es después de las carpas, el pez más cultivado a nivel mundial (Ibidem, 2008; Tacon y Metian, 2015). Los mayores productores son los países asiáticos, que representan el 80 %, con China, seguida de Tailandia, Indonesia, Filipinas y Taiwán. Precisamente este último país es el primer exportador del mundo. Otros países exportadores son Colombia, Ecuador, Honduras y Costa Rica (FAO, 2016).

En el archipiélago cubano la acuicultura de agua dulce está representada en primer lugar por los ciprínidos, seguidos por las tilapias (Álvarez, 2002). El volumen de captura bruta del sector se encuentra sobre 60.900 ton, incluyendo peces (agua dulce y plataforma marina) y mariscos. De ello, la acuicultura tanto intensiva (en estanques) como extensiva (con alevines en los embalses) aporta unas 30.500 ton (FAO, 2008).

Todos los países están siendo afectados por la crisis económica global, unida a la contaminación del medio ambiente, disminución de los alimentos, agua, fertilizantes, combustibles, entre otros; trayendo consigo grandes retos y desafíos.

El cultivo de esta especie es de gran importancia en el siglo XXI para la alimentación humana, debido a su período de crecimiento relativamente más corto en relación a otros peces, y por presentar alta adaptabilidad a diferentes ambientes de producción (Pérez, 2014). La tilapia se ha convertido en uno de los peces más comercializados en el ámbito internacional debido a su carne blanca, de fácil fileteado, con escasas espinas, suave sabor y versatilidad en la cocción (Huss 1998). Si se tiene en cuenta el alto déficit proteico de la humanidad y el hecho de que existen mercados suntuarios que demandan productos de bajo contenido de colesterol, el cultivo de tilapia se convierte en una alternativa viable por su alta productividad y la composición nutricional. Lo que la hace más saludable que la carne de cerdo, aves y res.

*Autor para correspondencia: Yuniel Méndez Martínez
 Correo electrónico: ymendezmartinez@gmail.com

Recibido: 24 de septiembre de 2017

Aceptado: 06 de marzo de 2018

DESARROLLO

Características de la tilapia

La tilapia es un pez teleósteo del orden perciforme, perteneciente a la familia *Cichlidae*, originario de África, habita en la mayor parte de las regiones tropicales del mundo, donde las condiciones son favorables para su reproducción y crecimiento (Moreau *et al.*, 2005).

La taxonómica de la especie es la siguiente (Huet, 1978):

- Phylum Vertebrata
- Subphillum Craneata
- Superclase Gnatostomata
- Clase Actinopterygii
- Orden Perciformes
- Suborden Percoidei
- Familia Cichlidae

Géneros: *Oreochromis*, *Tilapia*, *Sarotherodon*, *Danakilia* (*Thys*), *Tristamella* y *Pelmatocromis* (Trewavas 1983).

La tilapia es un pez de buen sabor y rápido crecimiento, se puede cultivar en estanques o en jaulas, soporta altas densidades, resiste condiciones ambientales adversas, tolera bajas concentraciones de oxígeno, es capaz de utilizar el alimento natural presente en los estanques y puede ser manipulada genéticamente (Wolhfarth *et al.*, 1990).

Según Castillo (2006) *Oreochromis mossambicus* (variedad roja) hasta donde se conoce su origen, fue creada en Taiwán en 1968. a partir de un híbrido de *Oreochromis mossambicus* con *Oreochromis nilótica*; cuatro patrones de coloración han sido establecidos, basado en la presencia y ausencia de rojo y rosa como melanismo en el cuerpo: rosa, rosa moteado de rojo, rojo y manchado de negro.

Actualmente, las especies más productivas son la tilapia áurea (*Oreochromis aureus*), la tilapia nilótica (*O. niloticus*) y la tilapia mosambica *O. mossambicus*, así como varios híbridos de esta especie, resaltando la *O. aureus* y la *O. mossambicus* por su mayor producción de huevos (Jiménez y Villanueva, 2008).

La tilapia roja es un híbrido proveniente de líneas mejoradas, en donde para los trabajos de selección genética se tuvieron en cuenta las cuatro especies parentales del híbrido: *O. aureus*, *O. niloticus*, *O. mossambicus* y *O. urolepis hornorum* (Prieto y Olivera, 2002). Por estar emparentadas entre sí, sus comportamientos reproductivos y alimenticios son similares, lográndose ventajas sobre otras especies, como el alto porcentaje de masa muscular, filete grande, ausencia de espinas intramusculares, crecimiento rápido, adaptabilidad al ambiente, resistencia a enfermedades, excelente textura de carne y una coloración que tiene buena aceptación en el mercado (Tave, 1996).

Se considera además una especie ovípara, que se reproduce naturalmente, y aunque produce pocos huevos (de 1000 a 2000 por puesta) es muy prolifera y puede reproducirse en plena adultez una vez cada 45 días, por ser una desovadora parcial. En lo referente a su hábito alimenticio se considera omnívora, con preferencia por el fitoplancton (Mal y Van der Langt, 1995), resultando una especie con poten-

cialidades para los programas de subsistencia alimentaria en Cuba, en virtud a su adaptación a diferentes sistemas de cultivo, tanto en agua dulce, salobre e incluso en agua de mar (Pérez, 2017).

Mol y Vander (1995) plantean que la *Tilapia* abarca un grupo de especies herbívoras que se alimentan básicamente de plantas acuáticas (algas filamentosas y macrófitas). En la época del desove tanto la hembra como el macho cuidan de los huevos, y los ventilan con sus aletas, cuidados que se mantienen aún en la etapa larvaria. En cuanto a la reproducción de esta especie El-Sayed (2006), plantea que la alcanzan a los 3 ó 4 meses cuando llegan a un tamaño de 10 cm y un peso aproximado de 50 g, después de un breve rito nupcial se reproducen, realizando incubación bucal, cuando han pasado las etapas de huevo - larva y alevín las crías salen de la boca a tiempos cortos y siempre con el cuidado de la madre que los vuelve a engullir cuando presiente algún peligro. Los organismos permanecen en la boca de la madre por un tiempo entre 7 y 14 días dependiendo de la temperatura (Prieto y Olivera, 2002). La tilapia posee gran importancia en la producción de proteína animal en las aguas tropicales y subtropicales de todo el mundo, particularmente en los países en desarrollo (Garduño *et al.*, 2003). Según Castillo (1994) cada 100 g de carne de tilapia, contienen:

- Proteína, 19.6 g
- Lípidos, 1.29 g
- Colesterol, 0.0 g
- Energía bruta, 172 calorías

La tilapia en varias regiones del planeta, son uno de los grupos de peces con mayor futuro económico en cultivos comerciales y para programas de subsistencia alimentaria en virtud a su adaptación a diferentes sistemas de cultivo, tanto en agua dulce, salobre e incluso en agua de mar. Los pesos vivos de 350 y 500 g son los que poseen mayor aceptación en el mercado internacional (Garduño *et al.*, 2003).

Los atributos favorables que convierten a la tilapia en uno de los géneros más apropiados para la acuicultura son: gran resistencia física, rápido crecimiento, resistencia a enfermedades, elevada productividad, debido a su tolerancia a desarrollarse en condiciones de alta densidad, habilidad para sobrevivir a bajas concentraciones de oxígeno y amplio rango de salinidad, con capacidad de nutrirse a partir de una gran gama de alimentos naturales y artificiales. En cuanto a aspectos sensoriales, se caracteriza por textura firme de su carne, color blanco y bajo número de espinas intermusculares, convirtiéndolo en un pescado altamente apetecible (Castro, 2005). Las especies introducidas a Cuba pertenecen al género: *Oreochromis*, las cuales se distinguen por ser animales omnívoros, con adecuadas características morfológicas y la forma de reproducción e incubación de los huevos (Aguilar, 1995).

Sistemas de cultivos de la tilapia

Cultivo extensivo

Este tipo de cultivo se realiza en presas y micropresas, existe poco manejo del hombre y el empleo de bajos insumos,

la alimentación es a través del alimento natural del agua. Se obtiene baja productividad y rendimientos de 100-250 Kg/ha/año, con densidades de siembra bajas (Toledo, 2005).

Cultivo semi-intensivo

Se realiza en micropresas y estanques. La alimentación natural se fomenta mediante la fertilización de estanques; adicionalmente se agrega alimento peletizado con bajo contenido de proteína. Los rendimientos en este sistema están entre 7-10 t/ha/año y densidades de siembra superiores al anterior (Toledo, 2005).

Intensivo

Se emplean estanques de tierra, y de cemento, así como jaulas y raceways, y gran densidad de animales. Se utilizan además considerables cantidades de pienso y fertilizantes, contribuyendo a que se requieran elevados niveles de oxígeno, flujo de agua. Es un sistema que se caracteriza por ser vulnerable a problemas de calidad del agua e incidencia de enfermedades. Los rendimientos en jaulas son de 80-100kg/m³/año, en estanques de 10-30 t/ha/año y raceways de 150-180 kg/m³/año (Toledo, 2005).

Superintensivo

En este sistema se utilizan estanques de cemento o tierra. Se caracteriza por una alta demanda de suficiente agua, oxígeno, alimento y demás insumos de gran calidad. El personal encargado debe contar con un alto dominio de tecnología, dado a que se emplean sistemas automatizados. En estos sistemas cerrados, el agua se recicla y se obtiene un rendimiento de más de 300 t/ha/año (Toledo, 2005).

Cultivo en jaulas

Tipos de Jaulas de acuerdo a su ubicación en la columna de agua:

- Jaulas que descansan en el fondo, ocupando completamente la columna de agua.
- Jaulas flotantes de las cuales sobresale de un 15 % a un 20 % de su altura.
- Jaulas sumergidas que pueden estar flotando a ras de la superficie, a media agua o inclusive en el fondo del estanque (Toledo, 2002).

Las jaulas pueden ser de distintos tipos dependiendo de su forma. Pueden ser cuadradas, rectangulares o circulares, y construidas a partir de diferentes materiales y medidas. La tilapia introducida en jaulas pequeñas (5 m³) a 200-600 peces/m³ puede rendir 50-300 kg/m³, dichas jaulas son más productivas debido al intercambio de agua más eficiente. El rendimiento anual a densidades de 160-350 peces/m³ puede alcanzar de 67-116 kg/m³. A una densidad de repoblación de 550 alevines/m³, la producción podría ser de 330 kg/m³ de peces cosechados a 500 g en cuatro meses (Fitzsimmons, 2000).

Tabla 1. Ventajas y desventajas del cultivo en jaulas
Table 1. Advantages and disadvantages of cage culture

Ventajas	Desventajas
Baja inversión inicial.	Difícil manejo cuando se presentan oleajes intensivos.
Incrementa la producción comparada con los cultivos convencionales.	Requiere un flujo constante de agua a través de las jaulas para la eliminación de metabolitos y para mantener un alto nivel de oxígeno disuelto.
No requiere construcciones permanentes, dado que son fácilmente desmontables.	Existe total dependencia de la alimentación artificial.
Posibilita la combinación de diversas edades dentro de un mismo cuerpo de agua, suministrando a cada grupo de peces el alimento adecuado para su edad.	Algunas veces se pueden presentar interferencias con la población natural de peces dentro del cuerpo de agua.
Permite la aplicación de tratamientos terapéuticos a un grupo específico de peces.	Requiere personal calificado para su manejo.
Facilita la observación y control de la población, la reproducción los depredadores.	
Se reduce la manipulación y la mortalidad.	
Permite cosechar parcialmente de acuerdo con una programación.	
Con una calidad de agua excelente es posible alcanzar rendimientos máximos de 20 t/ha/ciclo.	
Las jaulas permiten una manipulación fácil de los peces, siembras a altas densidades, la máxima utilización de los recursos de agua disponibles, un retorno rápido del capital invertido y facilitan el inventario.	

Inicios del cultivo de la tilapia roja

La primera introducción de la tilapia roja en Cuba, se realizó en 1979 desde Filipinas, junto a otras especies como la *Oreochromis aureus* y *Oreochromis mossambicus*, y también de ese país se introdujo la *Tilapia hornorum* (Toledo 2005).

Ho Kuo (1969) en Taiwán Fisheries Research Institute, realizó el cruce entre el macho mutante de color rojizo anaranjado *O. mossambicus* y la hembra de coloración normal *O. niloticus*, obteniendo una generación F1 con un 25 % de alevines de coloración rojiza anaranjada, luego de 9 años de cruces selectivos se logró fijar la coloración roja en 70 a 80 % de la población de dicha línea genética (Castillo, 2003a).

La tilapia roja es un tetrahíbrido, es decir un cruce híbrido entre cuatro especies representativas del género *Oreochromis*: *O. mossambicus*, *O. niloticus*, *O. hornorum* y *O. aurea*. Cada una de estas especies aporta al híbrido sus mejores características, resultando uno de los peces con mayor potencial para la acuicultura comercial en el mundo (Martínez *et al.*, 2000).

Courtenay (1997) señala que aunque en diversas publicaciones aparece la tilapia roja como un tetrahíbrido, no es recomendable enmarcar a todas las especies de este género bajo la misma condición ya que son muy raras en el mundo las líneas de tilapia roja que realmente pueden ser consideradas verdaderos tetrahíbridos. En cada línea se busca adicionar a

ella la mejor característica de cada una de las especies del género *Oreochromis* empleadas en el mejoramiento de los híbridos rojos, entre estas especies se consideran:

- *O. niloticus*: para mejorar el crecimiento y la forma corporal (fenotipo).
- *O. urolepis hornorum*: para la obtención de híbridos sólo machos y alta resistencia a la salinidad.
- *Oreochromis spp.* y *O. mossambicus*: para la coloración roja y resistencia a todo tipo de medios.
- *O. aureus*: para aumentar la tolerancia en aguas frías.

Desarrollo y perspectivas del cultivo de tilapia roja en Cuba

Desde hace algunos años, en E.U.A la tilapia roja constituye el tercer producto acuático más importado después del camarón marino y el salmón del Atlántico (Castillo, 2003b; FAO, 2016).

En la actualidad, Cuba cuenta con 26 estaciones de alevinaje con mil 149 estanques de hormigón y 786 de tierra (432 Has), que garantizan toda la producción de alevines que demandan los programas de desarrollo del país para el cultivo de las principales especies de agua dulce (ciprínidos, tilapia y pez gato africano) de forma extensiva en las presas (Damas y Millares 2003), e intensivo en estanques, dado a que se cuenta con 473 embalses con una capacidad de siete mil 615 millones de metros cúbicos, los cuales abarcan conjuntamente más de 124 mil hectáreas para la cría de peces. Por lo que, se incentiva el desarrollo del cultivo de tilapia en estanques y jaulas flotantes, que incluya la remodelación de la infraestructura actual, nuevas inversiones y transferencia de nuevas tecnologías (Pérez, 2017).

Sobre la evolución de esa actividad, cuyo volumen no satisface aún las necesidades de la población. En la mayor de las Antillas, en 1980 el nivel de cosecha fue de cinco mil 700 ton de ese tipo de carne, mientras que en 1985 la cifra trepó a 15 mil 500 ton, y a 24 mil en 2010. Siendo la proyección del desarrollo acuícola hasta el 2030 una producción de 49 mil 376 ton de peces de agua dulce, el doble de la actual (Anónimo, 2016).

Por otra parte, Dunham (1999) señala que la coloración roja lograda tras un intensivo trabajo de selección genética estimuló a los productores e investigadores en todo el mundo a iniciar un acelerado programa de hibridación que permitió la obtención de nuevas líneas de tilapia roja, las cuales han sido introducidas paulatinamente en Latinoamérica, siendo las más populares:

- Red Florida: *O. mossambicus albina* x *O. urolepis hornorum*
- Red Aurea: *O. aureus* Roja.
- Red Taiwanesa: *O. mossambicus Albina*
- Red Singapur: *O. mossambicus mutante*
- Yumbo No.1: *Red florida* x *O. niloticus*.
- Yumbo No.2: *Red Florida USA* x *Red Florida Israel*

La línea genética Red Florida (*O. mossambicus* x *O. urolepis hornorum*) es una variedad excelente para la obtención de talla y carne especialmente cuando los proyectos tienen

como finalidad directa la comercialización de filetes, siendo el híbrido ideal para el cultivo en aguas salobres y saladas con niveles que llegan hasta 36 ppm (Pruginin *et al.*, 2000).

Las experiencias obtenidas hasta la fecha permiten elaborar estrategias para desarrollar exitosos programas de producción de tilapia roja a nivel comercial, los cuales deben de estar fundamentados en una rigurosa selección genética, para optimizar los siguientes rasgos: resistencia a enfermedades (Flores, 2003), rendimiento en carne, calidad del filete, color, tolerancia a la temperatura y salinidad, permite además mejorar el índice de conversión alimenticia, así como la pigmentación de la piel (Proenza, 2006).

Según Pandian (2001) la tilapia roja es una especie óptima para el cultivo en agua dulce o salada, pues tiene una alta resistencia a enfermedades y una gran capacidad para adaptarse a condiciones adversas del medio. Además presenta dentro de sus características anatómicas y organolépticas: pocas espinas y exquisito sabor de su carne por lo que también se le conoce en algunos sectores comerciales como: "la gallina del agua".

La tilapia roja es un híbrido que en el mercado mundial compite con el pargo rojo, especie de mar muy cotizada también, semejantes ambas, por su forma externa y colores. Sin embargo, en cuanto a la calidad del filete, ambas especies se consideran similares (Nelson, 2000).

Como se puede apreciar la tilapia roja ha sido objeto de una gran variedad de estudios genéticos con el objetivo de obtener líneas cada vez más resistentes a las condiciones climáticas de cada región y con excelentes características de su carne. Destacándose entre las más populares la Red Florida: *O. mossambicus* X *O. urolepis hornorum*, introducida en Latinoamérica a principios de los años 80 (Espinharada-Silva *et al.*, 1983).

Expertos cubanos han trabajado en la obtención de cultivo del pez tilapia monosexo que será destinado inicialmente a la exportación, con individuos que pueden alcanzar hasta 400 g de peso en siete u ocho meses (PLAIL, 2017). Este proyecto se basa en el principio de que los machos crecen el doble de las hembras. El novedoso programa se aplica a la tilapia aurea que es una de las más adaptables al clima cubano. Con este procedimiento genético se eleva la eficiencia de la acuicultura, y se incrementa el tamaño de esos animales en menor tiempo.

Consideraciones generales sobre la nutrición

El desarrollo sostenible de la acuicultura intensiva basada en la alimentación depende de la utilización óptima de los nutrientes por las especies cultivadas y del mantenimiento de la calidad del agua. Por norma general, se debe tener en cuenta los requerimientos nutricionales y hábitos alimenticios, con el objetivo de obtener el máximo aprovechamiento de la capacidad de crecimiento de cada estanquería y con ello su rendimiento económico.

La calidad de las dietas a suministrar en los diferentes sistemas de cultivo es otro factor de vital importancia para

poder cubrir los requerimientos de los peces. Cada especie piscícola (Elangovan, 2005) posee dietas adecuadas para sus requerimientos; asimismo existen toda una serie de dietas específicas para la alimentación de los peces en cada parte del ciclo productivo, como son por ejemplo las dietas con elevado contenido proteico para los salmónidos (Kaushik y Medale, 1994), las dietas para larvas de peces marinos y control de las enzimas digestivas (Comas, 2001), las dietas para alevines (Akiyama, 2001; Alvarado, 2002), los piensos medicados (Balcazar, 2002), las dietas enriquecidas para procesos de estrés (Flores, 2003) y las dietas con pigmentos (Cruz *et al.*, 2004).

Los peces que hoy se cultivan en las diferentes partes del mundo muestran tendencias a ser omnívoros, otro grupo importante se destaca por su característica como carnívoros y un menor porcentaje se comporta como herbívoros. Por ello, generalmente las dietas de los peces son muy ricas en proteínas (28 a 50 %), lo cual conlleva una fuerte excreción de nitrógeno (NH_4 , NH_3) cuya velocidad de excreción está relacionada directamente con la cantidad y calidad de la proteína suministrada en el alimento (Ponce *et al.*, 2004).

La estrategia actual es buscar medios para disminuir la pérdida de nitrógeno y aumentar su retención controlando la relación entre la proteína digestible y el total de energía digestible de la dieta (Paduja, 2002).

Pérez *et al.* (2014) señaló que uno de los objetivos principales de las empresas dedicadas a la elaboración de dietas para peces es desarrollar investigaciones encaminadas hacia la búsqueda del máximo aprovechamiento de los alimentos proteicos, debido a los elevados precios de éstos, principalmente las harinas de pescado y la harina de soya.

Por otra parte, Días *et al.* (2009) expresaron que las proteínas componen aproximadamente el 70 % del peso seco de la materia orgánica que se encuentra en el tejido del pez; por lo tanto, el contenido de proteína es uno de los compuestos nutritivos más importantes de los alimentos balanceados para peces.

La selección de los niveles de proteína en las dietas para peces depende de varios factores: del peso del pez, del tipo de cultivo (intensivo o semiintensivo), función fisiológica (reproducción o engorde), presentación del alimento (peletizado o extruido), producción primaria del ecosistema y el factor económico, disminuyendo el nivel de proteínas con el incremento de peso del pez (Tacon, 1987).

Los requerimientos de proteína para tilapia según su peso son para la etapa de larva de 40 – 46 % de proteína bruta (PB) (El-Sayed, 1990), para el alevín de 30 – 34 % de PB (El-Sayed *et al.*, 2003) y para el juvenil hasta finalizar la ceba entre 26 – 32 % de PB (Winfree y Stickney, 1981. Jauncey y Ross, 1982).

Estudios realizados por Akiyama (2001) expresan que los peces requieren una combinación balanceada de los aminoácidos más importantes que componen las proteínas, en las dietas para tilapia deben incluirse los siguientes aminoácidos: la arginina 1.18 %, histidina 0.48 %, isoleucina 0.87. lisina 1.43%, leucina 0.75%, metionina 0.75%, fenilalanina

1.05%, treonina 1.05%, triptófano 0.28% y valina 0.78% (NRC 1993). Si alguno de los 10 aminoácidos “no” esenciales no son ingeridos como tal en la dieta, el pez los puede sintetizar de los otros aminoácidos en las cantidades requeridas (Tacon, 1987). Maar y Vander (1996), indicaron que las fuentes preferidas de ingredientes que proporcionan las proteínas para los alimentos balanceados de peces son la harina de pescado y la harina de soya, debido a que estos productos son altos en proteína cruda y contienen altos niveles de aminoácidos esenciales.

Para sus necesidades energéticas los peces de cultivo, utilizarán primero las proteínas y lípidos, en segundo lugar los carbohidratos (Goddard y McLean, 2007), mientras que los animales terrestres utilizan primero los carbohidratos y los lípidos, en segundo lugar las proteínas. Los peces de aguas cálidas pueden digerir cerca de un 85 % de la energía bruta, procedente principalmente de proteínas y lípidos, de la harina de pescado y otros ingredientes de origen animal, así como un 90 % de energía bruta proveniente, principalmente, de fibra y carbohidratos de la harina de soya y otras semillas de oleaginosas (Alvarado, 2002). Portz y Cyrino (2004) manifiestan que para peces, los alimentos con niveles de proteína de 30 a 36 %, se recomienda energía de 8 a 10 Kcal de energía digestible por g de proteína (2400 a 3400 kcal/kg de alimento).

Según Tacon (1987) la posibilidad de las especies de peces carnívoros para hidrolizar o digerir carbohidratos complejos es limitada debido a una ineficaz actividad amilolítica en su tracto digestivo. En especies de peces como la trucha cuando la proporción de almidón dietético es incrementada, la digestibilidad del almidón decrece.

Estudios realizados por Koprucu y Ozdemir (2005) sobre el efecto de la fibra bruta en peces de agua dulce, han demostrado que la fibra no es un componente necesario en las raciones alimenticias, puesto que se obtiene un óptimo crecimiento sin ella; sin embargo, la fibra bruta puede servir como un diluyente para otros nutrientes ayudando a que la distribución de ellos llegue a todas las partes del pez, niveles mayores de 10 % de fibra reducen la asimilación de nutrientes y perjudican la digestibilidad.

La inclusión de fibra en las raciones para monogástricos generalmente produce un incremento en el consumo de alimento para mantener el consumo de energía digestible. Sin embargo, el conocido efecto de limitación en el consumo con altas concentraciones de fibra se atribuye a la voluminosidad de estas raciones y a la capacidad de retención de agua de las porciones solubles de la fibra. Esto último pudiera alterar los estímulos que regulan el consumo de alimento (Savón, 2009).

El contenido lipídico de las dietas es un factor fundamental en la piscicultura industrial moderna. Así, los formuladores de dietas tienden a preparar alimentos donde la proteína sea utilizada en su mayoría para incorporarse al músculo y obtener buenos crecimientos y donde los lípidos asuman la función de productos energéticos para su utili-

zación metabólica eminentemente de desgaste energético (Arzel *et al.*, 1998).

De esta forma un nivel lipídico elevado (entre un 16 y un 35 % según especie y condiciones de cultivo) sirve para ahorrar al máximo la proteína y obtener excelentes crecimientos. Igualmente el aporte de fósforo en la dieta es fundamental para el crecimiento y por norma general se incluye en porcentajes de alrededor del 1% total (Watanabe *et al.*, 1997).

Los requerimientos cuantitativos de aminoácidos esenciales (AAE) en peces, tradicionalmente han sido determinados mediante el suministro de dietas experimentales en las que se incluyen niveles graduales de cada aminoácido, de tal modo que se obtienen las curvas de crecimiento respectivas. El requerimiento dietético es aquel donde cambia el punto de inflexión en la curva de crecimiento observada. Además de utilizar el crecimiento como criterio para estimar los requerimientos de aminoácidos, varios investigadores también han usado el nivel de aminoácidos libres contenidos dentro de un "pool" de algún tejido específico: sangre entera, plasma sanguíneo, músculo o bien la oxidación de aminoácidos radiactivamente marcados (Lee, 2002).

Ogino (2001) afirma que es factible determinar los requerimientos cuantitativos de AAE del pez simultáneamente con la Técnica de depositación diaria de los mismos en el pescado. Este método presupone que los peces sean alimentados con una dieta que contenga una fuente proteica "completa" de un alto valor biológico, y el requerimiento dietético de aminoácidos se contabiliza tomando como base el valor de la depositación diaria de estos en el tejido.

Los requerimientos minerales de los peces son difíciles de estudiar debido a que la absorción la realizan a partir del agua y también del alimento, de esta forma la contribución del agua puede satisfacer los requerimientos de algunos elementos (Mendoza, 1993).

Rumsey (1993) plantea que el calcio frecuentemente está en altas concentraciones en el agua y puede suplir la necesidad de una fuente dietética, tanto este elemento como el fósforo son necesarios en cantidades relativamente grandes comparadas con las de otros minerales, para el crecimiento y metabolismo de los peces.

Existen numerosas tablas de aporte, todas tienen en común el haber sido confeccionado con valores promedios resultantes de un volumen dado de análisis efectuado a cada materia prima (NRC, 2011). Por lo tanto, todos pueden dar valores diferentes del valor puntual de una muestra que se tiene de cualquiera de los alimentos. A nivel industrial, esto se complica con la variabilidad de materias primas que se reciben procedentes de las regiones más diversas. Las condiciones de cultivo, recogida, almacenamiento y transporte, entre otros, generan evidentes diferencias entre lotes de un mismo producto (NRC, 1993).

Alimentación empleando subproductos

Los precios de la harina de pescado y la harina de soya se incrementan constantemente, lo cual ha motivado

la búsqueda de alternativas sustentables para las especies acuáticas comerciales, realizándose esfuerzos por optimizar los métodos de alimentación y por buscar fuentes alternas de proteínas convencionales y no convencionales derivadas de productos vegetales, subproductos de la agricultura, ganadería y de la industria, que tiendan a ser amigables con el medio ambiente (Cruz *et al.*, 2004).

Villareal (2002) planteó que las oleaginosas son alimentos valiosos para la nutrición de peces y crustáceos, las cuales difieren de los cereales en que los lípidos reemplazan a los carbohidratos como la más importante reserva de alimento dentro de la semilla. Las oleaginosas importantes incluyen a la soya, algodón, cacahuate, maní, girasol, nabo (colsa), lino (linaza), coco (copra), ajonjolí, las semillas de la palma, cártamo, mostaza y el níger.

La tilapia utiliza eficientemente la harina de algodón con bajos niveles de gosipol, obteniéndose rendimientos adecuados con substituciones del 100 % de la harina de pescado (Cyrino *et al.*, 2006). Sin embargo, se observa retardo en el crecimiento con niveles de inclusión superiores al 50 %, atribuida a deficiencia de aminoácidos, en especial lisina (Tacon, 1990). La pasta de algodón causa mayores problemas en la tilapia por su contenido de gosipol, a pesar de ello, El-Sayed (1990) obtuvo resultados aceptables al substituir el 100 % de la harina de pescado con harina decorticada de algodón para alimentar a *O. niloticus*.

Dentro de los alimentos de origen vegetal que actualmente se utilizan en dietas para peces se encuentra la harina de soya, considerada la mejor fuente proteica en función de su contenido de proteínas y perfil de aminoácidos esenciales. Sin embargo, el aumento de la demanda de soya para la alimentación humana puede ocasionar la disminución de esta leguminosa para la alimentación animal (Savón, 2009). Por otro, lado las industrias productoras de alimentos para peces buscan cada día nuevas alternativas alimenticias a un menor costo tal como la utilización de los subproductos agroindustriales sin comprometer el valor nutricional de las raciones y el desempeño animal. El gluten de maíz es uno de los subproductos que más se utilizan, el cual contiene un elevado porcentaje de metionina (Furuya *et al.*, 2001)

La harina de hojas de *Leucaena* se ha probado en alimentos para tilapia con resultados variables. Su inclusión en la dieta provoca reducción en el crecimiento y baja eficiencia de conversión alimenticia debido al efecto tóxico del aminoácido libre mimosina y a su deficiencia de aminoácidos sulfurados. Cuando se remoja durante 48 h y se seca al sol se mejora su calidad nutricional, siendo entonces posible substituir hasta 25 % de la proteína animal sin efectos adversos notables (Wee *et al.*, 2001).

Massaamitu *et al.* (2003) reportaron los resultados obtenidos a partir de la sustitución del maíz por ensilaje de sorgo con alto y bajo contenido de taninos en dietas para juveniles de tilapia del Nilo, logrando substituir el 40 % de la ración con un máximo de 0.50 % de taninos; además el ensilaje de sorgo resultó ser más palatable.

La proteína del gluten de maíz se ha utilizado para sustituir hasta el 42 % de la proteína de la harina de soya en raciones para alevines de tilapia (*O. niloticus* L.), obteniéndose resultados alentadores con respecto a la supervivencia y la conversión alimenticia (Hisano *et al.*, 2003).

Castillo *et al.* (2002), evaluaron el efecto de la inclusión de la pulpa de café deshidratada (10, 20 y 30 %) en las dietas de alevines de tilapia roja (*O. aureus* x *O. niloticus*), concluyendo que la pulpa de café se puede incluir en dieta para Alevines de Tilapia roja hasta un 20 % sin afectar los índices productivos de los animales, siendo más económicas que las dietas convencionales.

En el proceso industrial de la naranja se utiliza el 9 % de la fruta y el resto son diversos subproductos entre los cuales un importante volumen resultan las cáscaras. La utilización de estos desechos agroindustriales en programas de alimentación animal o en la industria química es variada. Cyrino *et al.* (2006) refirió las cualidades nutritivas de este subproducto consumo de cáscaras en la alimentación de híbridos F1 de *O. mossambicus* x *O. niloticus*. Otras de las ventajas de los desechos de cáscaras de naranjas son los aportes en carotenoides totales por kilogramo, los cuales resultan beneficiosos en las dietas para tilapia, permitiendo disminuir a su vez los costos de producción.

El germen de trigo ha mostrado tener un excelente valor nutritivo en dietas para carpa (*Plecoglossus altivelis*) y trucha (*Salmo gairdneri*). Los resultados experimentales mostraron que el germen de trigo desengrasado y la harina de pescado mezclados en la dieta para ambas especies con tasas de inclusión de 50:50 para la carpa y 25 % trigo: 75 % harina de pescado para la trucha dieron los mejores crecimientos (Kesamaru *et al.*, 2007).

Por otra parte, se ha evaluado el efecto nutricional de diferentes raciones elaboradas a partir de un alimento comercial mezclado en diferentes proporciones con harina de cáscara de naranja (20 %, 50 % y 80 %), en híbridos F1 de *O. mossambicus* x *O. niloticus*. El tratamiento donde se sustituye el 20 % del alimento comercial presentó el mejor índice de conversión alimenticia: 3.56 ($p < 0.05$) (Moreno *et al.*, 2000).

La pasta de Cacao también ha sido utilizada como alimento suplementario, en la nutrición de la tilapia (*Tilapia guineensis*) a razón del 5 % de la biomasa del estanque por día, con resultados aceptables. El menor crecimiento registrado en comparación a una dieta comercial se debe a la presencia del alcaloide teobromina, el cual se elimina parcialmente durante el proceso de fermentación a que se somete la semilla de cacao, quedando valores residuales de 1.0-1.5 % (Fagbenro, 1988).

El sorgo se asemeja al maíz en su composición química y en su valor nutritivo siendo muy utilizado en raciones para no rumiantes. Su valor nutritivo depende principalmente de la cantidad de taninos presentes en el grano, de los cuales la mayor parte pertenece al grupo de los condensados, teniendo el grano menor palatabilidad, es astringente y además se transforma en proteína de la dieta, carbohidratos y otros

nutrientes afectando de este modo la digestibilidad de esos nutrientes (Pereira y Oliva, 2003). Una vez transformado el tanino como proteína ocurre una disminución de la utilización de dicha proteína (Pinto *et al.*, 2000), reduciéndose también la digestibilidad del almidón, la celulosa y la hemicelulosa, además de interferir en la absorción y en la retención de los minerales y de las vitaminas.

Pérez *et al.* (2014), concluyó con la inclusión de la harina de Lemna perpusilla en dieta se puede emplear en la alimentación de híbridos de tilapia roja (*O. mossambicus* x *O. niloticus*), sin afectar los indicadores productivos evaluados, ni los parámetros físico-químicos del agua, al incluir 18 %.

La aplicación de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) combinada con alimento balanceado, ha demostrado ser adecuada como promotor del crecimiento de *O. niloticus*. Los resultados demuestran que la adición del 0.05 % de levaduras a la dieta balanceada, permitieron alcanzar un peso promedio de 11.17 g, buenos índices de consumo de alimento promedio: 16.38 g y de conversión alimenticia: 1.8: 1 (Sánchez *et al.*, 2004).

García *et al.*, (1990) plantearon que La lombriz ha sido considerada un oligoqueto potencial para la agricultura y muy poco en la acuicultura. Su importancia radica en la capacidad de regeneración y elevados contenidos nutricionales (Portelo, 2003). Principalmente si se tiene en cuenta que en su composición corporal posee entre un 70 % y 80 % de proteínas, aminoácidos y vitaminas entre las que se destacan la lisina, Cistina, metionina, fenilalanina, isoleucina, leucina, niacina, riboflavina, tiamina (B1), ácido pantoténico (complejo B), piridoxina (B6), vitamina B12, ácido fólico, etc (Nagy *et al.*, 2001).

Se han utilizado con éxito diversos subproductos, tales como la harina de cítrico y macrofitas, pulpa de café y el salvado de arroz siendo fuentes energéticas en los alimentos, así como una tecnología de alimento húmedo a partir de ensilados preparados con residuos pesqueros y de mataderos de animales como sustituto de la harina de pescado en la alimentación de la tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*), obteniéndose buenos resultados en los indicadores de conversión alimenticia y supervivencia (Llanes *et al.*, 2005).

CONCLUSIONES

La Tilapia Roja se caracteriza por tener una alta adaptabilidad a diferentes ambientes de producción y fuentes de alimentación, siendo uno de los peces de mayor producción en acuicultura y buena aceptación en el mercado debido a sus características nutricionales y organolépticas.

REFERENCIAS

- Aguilar, M., Díaz, G., Arboleya, Z. y Bencomo, J. 1995. Acuicultura. La revolución azul. Empresa de Acuicultura M.I.P. pp:50-62. Disponible en: <http://www.isc.edu.cu/biblioteca/anuario2000/caracterizacionmorfologíade1.htm>
- Akiyama, D. 2001. Nutrición, dietas y alimentación de los peces. Disponible en: <http://www.aud.org.uy/arti/nutri/nutri.htm>.

- Alvarado, H. 2002. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. II parte. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB4925/AB.htm>
- Álvarez, J.L. 2002. La producción mundial de Clarias sp. Revista ACPA. 4: 24 – 30.
- Anónimo, 2016. Producción acuícola cubana mantiene tendencia ascendente. Disponible en: http://www.industriaacuicola.com/nueva_version/index.php/noticias/noticia/548.
- Arzel, J., Metailler, R., Gall, L. y Gillaume, F. 1998. Relationship between ration size and dietary protein level varying at the expense of carbohydrate and lipid in triploid brown trout fry (*Salmo trutta*). *Aquaculture*, 162: 259-268.
- Balcazar, J. 2002. Uso de probióticos en Acuicultura: Aspectos generales. I Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura, pp. 887.
- Castillo, C.E., Acosta, A.Y., Betancourt, S.N., Castellanos, M.E., Matos, G.A., Cobos, T.V. y Jover, C.M. 2002. Utilización de la pulpa de café en la alimentación de alevines de tilapia roja. *Revista Aquatic*. 16: 156-163.
- Castillo, F.L. 1994. La historia genética e hibridación de la Tilapia Roja. Ediciones Ideal. Cali. Colombia, pp. 236.
- Castillo, F.L. 2003a. La calidad genética, factor determinante sobre el mercado y comercialización de la tilapia roja. Disponible en: <http://www.panoramaacuicola.com/art/24/.htm>
- Castillo, F.L. 2003b. Tilapia roja, una evolución de 22 años, de la incertidumbre al éxito. Disponible en: <http://www.ag.arizona.edu/azaqua/ista/reports/Casti-llo.pdf>
- Castillo, F.L. 2006. Tilapia: Estado actual, *Aquatic Depot*. Disponible en: <http://www.ag.arizona.edu/azaqua/ista/reports/Castillo.pdf>.
- Comas, M.J. 2001. Tolerante of *Chirostoma estor estor* (Family *Atherinidae*) larvae to saline environments. MSc Thesis. Institute of Aquaculture. University of Stirling. United Kingdom. pp. 61.
- Courtenay, W.R. 1997. Tilapias as non-indigenous species in the Americas: Environmental, regulatory and legal issues. In: B.A. Costa-Pierce and J.E. Rakocy, eds. *Tilapia Aquaculture in the Americas*, Vol. 1. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States. pp. 18-33.
- Cruz, S.E., Ricque M.D., Tapia, S.M. y Nieto, M. 2004. Ingredientes para la elaboración de alimentos balanceados para camarón; criterios de selección. Curso RAPCO en Agricultura. Monterrey. México, DF.
- Cyrino, J.E., Bícudo, A.J., Sado, R.Y. y Borghesi, R. 2006. Produto de peixes e meio ambiente – a busca pela definição, formulação e uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. In: 2nd Congresso Latino Americano de Nutrición Animal. CBNA, Sao Paulo, Brazil, pp. 28.
- Damas, T. y Millares, N. 2003. Crecimiento de las Carpas Chinas en diferentes instalaciones. *Rev. ACUACUBA*. 5(2): 1-20.
- Días, J., Conceição, L.E., Ramalho, R.A., Borges, P., Valente, L.M. y Dinis, M.T. 2009. Practical diet with low fish-derived protein is able to sustain growth performance in gilthead seabream (*Sparus aurata*) during the grow-out phase. *Aquaculture* 293: 255-262.
- Dunham, R.A. 1999. Utilization of transgenic fish in developing countries: potential benefits and risks. *Journal of the World Aquaculture Society* 30: 1-11.
- Elangovan, A. y Shim, K.F. 2005. The influence of replacing fish meal partially in the diet with soybean meal on growth and body composition of juvenile tin foil barb (*Barbodes altus*). *Aquaculture*. 189:133-144.
- El-Sayed, A.F.M. 1990. Long-term evaluation of cotton seed meal as a protein source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 84: 315-320.
- El-Sayed, A.F.M. 1990. Long-term evaluation of cotton seed meal as a protein source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 84: 315-320.
- El-Sayed, A.M. 2006. *Tilapia culture*. CABI Publishing, UK. pp. 273.
- El-Sayed, A.M., Mansour, C.R., y Ezzat, A.A., 2003. Effects of dietary protein level on spawning performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock reared at different water salinities. *Aquaculture* 220: 619-632.
- Espinharada-da Silva, J., Martín-Guerra, C.A. y Mora-Filho, M. A. 1983. Cultivo da tilapia do nilo, em viveiros e acudes de Pernambuco. Instruções Técnicas do IPA No. 11 Brasil.
- Fagbenro, O.A. 1988. Evaluation of defatted cocoa cake as a direct feed in the monosex culture of *Tilapia guineensis* (*Pisces: Cichlidae*). *Aquaculture*. 73: 201-206.
- FAO. 2016. FishStatJa tool for fishery statistics analysis, Release 2.0.0. Universal software for fishery statistical time series. Global capture and aquaculture production: Quantities 1950-2014; Aquaculture values 1984-2014. Food and Agriculture Organization (FAO) Fisheries Department, Fishery Information, Data and Statistics Unit. Rome.
- Fitzsimmons, K. 2000. Future trends of tilapia aquaculture in the Americas. In B.A. Costa-Pierce and J.E. Rakocy, (eds). *Tilapia aquaculture in the Americas*, Baton Rouge, LA, USA, The World Aquaculture Society. 2: 252-264.
- Flores, C.J. 2003. Monogéneos, parásitos de peces en México: estudio recapitulativo. *Tec. Pecu. Mex.* 41(2): 175-192.
- Furuya, W.M., Pezzato, L.E. y Barros, M.M. 2001. Apparent digestibility coefficient of energy and nutrient of some ingredient of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Acta Scientiarum* 23: 465-469.
- Gbore, F.A., Oginni, O., Adewole A.M. y Aladetan, J.O. 2006. The effect of transportation and handling stress on haematology and plasma biochemistry in fingerlings of *Clarias gariepinus* and *Tilapia zilli*. *World Journal of Agricultural Sciences* 2(2): 208-212.
- Goddard, J.S. y McLean, E. 2007. Acid insoluble ash as an inert reference material for digestibility studies in tilapia (*Oreochromis aureus*). *Aquaculture*. 194:93-98.
- Hisano, H., Sampaio, G.G., Sampaio, Z J., De Souza, F.E., Casimiro, F.J., Barros, M.M. y Pezzato E.L. 2003. Substituição da proteína do farelo de soja pela proteína do glúten de milho em rações para alevinos de tilápia do Nilo. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* Maringá, 25: 255-260.
- Huet, M. 1978. alimentación y crecimiento de las tilapias. *Tratado de Piscicultura*, 2da Edición. Madrid. pp: 177 – 189.
- Huss, H. 1998. Cambios Post-mortem en pescado. En: *El pescado fresco*, su calidad y cambios de calidad. FAO. Documento Técnico de Pesca. pp. 132 Disponible en: http://oa.upm.es/14340/2/Documentacion/2_Dimensionamiento/el-pescadofrescos034843mbp.pdf.
- Jiménez, M.L. y Villanueva, M.R. 2008. Trophic spectrum of *Oreochromis aureus* (*Perciformes: Cichlidae*) in Infiernillo Farm, Michoacan-Guerrero, México. *Revista de Biología Tropical*, 48(213): 487-494.

- Kaushik, S. y Medale, F. 1994. Energy requirements, utilization and dietary supply to salmonids. *Aquaculture*. 124: 81-97.
- Kesamaru, K., Mae, M. y Fukuda, H. 2007. Studies on the nutritive value of wheat-germ as an ingredient of the diet for cultured fish in: Fuentes alternativas de proteínas vegetales como sustitutos de la harina de pescado para la alimentación en acuicultura. *Avances en Nutrición Acuícola III*. México. pp. 279.
- Koprucu, K. y Ozdemir, Y. 2005. Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 250: 308-216.
- Lee, S.M. 2002. Apparent digestibility coefficients of various feed ingredients for juvenile and grower rockfish (*Sebastes schlegelii*). *Aquaculture*, 207. 79-95.
- Llanes, J., Toledo, J. y Lazo de la Vega, J. 2005. Evaluación de diferentes residuos agropecuarios y pesqueros en la alimentación de tilapias. I Congreso Internacional de Producción Animal. Habana. Cuba.
- Maar, A. y Vander, L. 1996. Fish culture in Central East of Africa. FAO, Rome. pp: 62 – 73.
- Martínez, R., Juncal, J., Zaldivar, C., Arenal, A., Guillen, I., Morera, V., Carrillo, O., Estrada, M., Morales, A. y Estrada, M.P. 2000. Growth efficiency in transgenic tilapia (*Oreochromis sp.*) carrying a single copy of an homologous cDNA growth hormone. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 267: 466-472.
- Massaamitu, W.F., Carolina, L.R., Carmino, H., Claudio, F.A., Ribeiro, P.A., Botaro, D. y Gomez, S.V. 2003. Substituição do milho pela silagem de sorgo com alto e baixo teor de tanino em dietas para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) *Acta Scientiarum. Animal Sciences* Maringá, 25(2): 243-247.
- Méndez-Martínez, Y., García-Guerrero, M.U., Arcos-Ortega, F.G., Martínez-Córdova, L.R., Yamasaki-Granados, S., Pérez-Rodríguez, J.C. y Cortés-Jacinto, E. 2018. Effect of different ratios of dietary protein-energy on growth, body proximal composition, digestive enzyme activity, and hepatopancreas histology in *Macrobrachium americanum* (Bate, 1868) prawn juveniles. *Aquaculture*. 485: 1-11.
- Mendoza, R. 1993. Utilización de fuentes de proteína no convencionales y reciclamiento de subproductos para acuicultura. En: *Memorias del Curso teórico Práctico sobre Extrusión y sus Aplicaciones en Nutrición Animal*. Asoc. Americana de Soya, Monterrey. N. L, México. pp. 29
- Mol, J.H. y Vander, F.L. 1995. Distribution and feeding ecology of the african tilapia (*Oreochromis mossambicus*) *Acta Amazónica*. 25: 101-116.
- Moreno, A. M.; Hernández, J. G.; Rovero, Tablante, A. y Rancel, L. 2000. Alimentación de Tilapia con raciones parciales de cáscara de naranja. *Cienc. Tecnol. Alimen*.3(1): 29-33.
- Nagy, S., Telek, L., Hall, N.T. y Berry, R.E. 2001. Potential food uses for protein from tropical and subtropical plant leaves. *J. Agric. Food Chem.*, 26: 1016-1028.
- NRC 1993. National Research Council. *Nutrient Requirements of Fish*. National Academy Press, Washington, D.C., pp. 115.
- NRC. 2011. *Nutrient requirements of fish and shrimp*. National Research Council, National Academies Press, Animal Nutrition Series. Washington, D.C. pp. 71.
- Ogino, C. y Takeda, H. 1978. Requirements of rainbow trout for dietary calcium and phosphorus. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 44: 1019-1922.
- Paduja, F. 2002. Alimentación de los peces y sostenibilidad. Disponible en: <http://www.onu.org/cu/uunn/sostenibilidad/peces/geo4-4.pdf>
- Pandian, T.J. 2001. Technique to produce 100% Male tilapia. *Seafood Digest*. P: 36 – 47.
- Pereira, T.G. y Oliva T.A. 2003. Evaluation of corn gluten meal as a protein source in diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata L.*) juveniles. *Aquac. Res.*, 34: 1111-1117.
- Pérez, C.A.F. 2017. Proyecto facilitará la cría de tilapia en agua de mar. Granma. Consultado: <http://www.granma.cu/cuba/2017-03-22/proyecto-facilitara-la-cria-de-tilapia-en-agua-de-mar-22-03-2017-23-03-25?page=2>
- Pérez, Y., González, R., Méndez, Y. y Ramírez, J.L. 2014. Inclusión de la harina de *Lemna perpusilla* para alimentar alevines *Oreochromis mossambicus x Oreochromis niloticus*. *Redvet*. 15 (5): 1-10.
- Pinto, S. L. 2000. Producción de las plantas acuáticas *Lemna minor* y *Azolla filiculoides* y su uso conjuntamente con la harina de pescado en raciones para cerdos. Tesis de grado de Ingeniero Agrónomo. UCV. Maracay. Venezuela. pp. 92.
- PLAIL 2017. Prensa Latina, Agencia Informativa Latinoamericana. Producción acuícola cubana mantiene tendencia ascendente. Disponible en: <http://www.prensa-latina.cu/index.php/component/content/?o=rn&id=36404&S EO=produccion-acuicola-cubana-mantiene-tendencia-ascendente&Itemid=1>
- Ponce-Palafox, J.T., González, S.R., Romero, C.O., Ocampo, H.D., Esparza, L.H. y Fitz M. 2004. Estrategias para el aprovechamiento de las hidrófitas en el cultivo de peces. *REDVET*. 5(2):1-7.
- Portelo, R. 2003. Producción de lombriz de tierra con bobinaza. *Corpoica. Rev. Bras. Zootec*. 30: 1143-1155.
- Portz, L. y Cyrino, J.E. 2004. Digestibility of nutrients and amino acids of different protein sources in practical diets by largemouth bass *Micropterus salmoides (Lacepe' de, 1802)*. *Aquac. Nutr.*, 35: 312-320.
- Prieto, C.A. y Olivera, M.A. 2002. Incubación artificial de huevos embriados de tilapia roja *Oreochromis sp.* *Rev. Col. Cienc. Pec.* 15: 115-120.
- Proenza, C.O. 2006. *Aquicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável*. Brasília: CNPQ / Ministério da Ciência e Tecnologia, pp. 143.
- Pruginin, Y., Rothbard, S. y Wohlfarth, A. 2000. All male broods of tilapia nilótica x tilapia aurea hybrids En: *Genética y reproducción de tilapias*. Cali. Colombia.
- Rumsey, L.G. 1993. Fishmeal and alternate sources of protein in fish feeds update, fisheries. *Bull Am Fish Soe*. 18: 14-19.
- Rumsey, L.G. 1993. Fishmeal and alternate sources of protein in fish feeds update, fisheries. *Bull Am Fish Soe*. 18: 14-19.
- Sánchez, C.C., Frago, M.C. y Auro, A.O. 2004. Efecto del probiótico *Saccharomyces cerevisiae* en tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), al ser proporcionado como promotor del crecimiento. **REDVET. 5(2): 1-11.**
- Savón, L 2009. Tendencias actuales del uso de alimentos fibrosos en especies monogástricas. II Taller Internacional de Producción y Salud Animal, en: II Congreso Cubano de Desarrollo Local. Granma, Cuba. Conferencia Magistral.
- Tacon, A.G.J. 1987. The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp. A training manual. II. Nutrient sources and composition. Field document. S/E Food and Agriculture Organization, Brasilia, Brazil. 137p.

- Tacon, A. J., 1990. The Nutrition and feeding of farmed fish and shrimps. A Training Manual. Argent Press. pp. 100.
- Tacon, A.G.J. y Metian, M. 2015. Feed Matters: Satisfying the feed demand of aquaculture. *Rev. Fish. Sci. Aquac.* 23,3. 1-10.
- Tave, D. 1996. Programas de cría selectiva para piscifactorías de tamaño medio. Documento Técnico de Pesca. No. 352. Roma, FAO. 127 p.
- Toledo, P.J. 2005. Cultivo de tilapia, experiencia en Cuba. I Taller Seminario de Acuicultura continental-especies de aguas templado calidas. Desafío para el desarrollo de la acuicultura Continental Argentina. Argentina. pp. 27.
- Toledo, S.J. y LLanes, J.E. 2002. Manual Practico para Nutrición y Alimentación de Peces. Documento manuscrito. Centro de Preparación Acuícola Mampostón. Habana. Cuba. pp. 58.
- Trewavas, E. 1983. Tilapiine fishes of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis*, and *Danakilia*. London: British Museum (Natural History) Publications No 878. pp. 583.
- Villareal, Ch. 2002. Avances en la nutrición de *Cherax quadricarinatus*. Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, Cancún, Quintana Roo, México, 2002.
- Watanabe, W.O., Olla, B.L., Wicklund, R.I. y Head, W.D. 1997. Saltwater culture of the Florida red tilapia and other saline-tolerant tilapias. In: *Tilapia Aquaculture in the Americas*. Vol. I. World Aquaculture Society. Louisiana, United States.
- Wee, K.L. y Wang, S.S. 2001. Nutritive value of *Leucaena* leaf meal in pelleted feed for Nile tilapia. *Aquaculture*, 62: 97-108.
- Wohlfarth, G.W., Rothbard, S., Hulata, G. y Szweigman, D. 1990. Inheritance of red body coloration in Taiwanese tilapias and in *Oreochromis mossambicus*. *Aquaculture*. 84: 219-234.