

Uso de proteína derivada de larvas de mosca doméstica (*Musca domestica*) para el cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Juan A. Corbalá-Bermejo^{1*}, Juan J. Vargas-Magaña¹, Norma A. López-Téllez², Carlos A. Lastra-del Rivero, Jorge Cu-Contreras¹ y Jesús M. Castollo-Salas¹
Escuela Superior de Ciencias Agropecuarias¹, Centro regional de Investigación Pesquera de Lerma²
Universidad Autónoma de Campeche¹, Instituto Nacional de Pesca²
Escárcega, Camp.¹; Campeche, Camp.²; México
*Autor de correspondencia: jacorbal@uacam.mx

Abstract-- The use of insect-derived protein to replace fish meal in manufacturing food used in aquaculture could reduce costs and avoid the impact of this activity over fish stocks as well as incorporate energy to the system that otherwise is wasted on unusable forms. The study aimed to compare the growth and survival in tilapia offspring (*Oreochromis niloticus*), treated with diet based on house fly larvae (*Musca domestica*) as a protein source (group 1) and first stage commercial food (group 2). There was no difference ($p > 0.05$) over the daily weight gain, the values were 0.2793 g (group 1) and 0.2636 g (group 2). Both groups showed 96% of survival. The use of insects-derived protein did not affect the values of growth and survival of tilapia offspring compared with a first stage commercial food.

Keywords-- Alternative protein, *Oreochromis niloticus*, *Musca domestica*, aquaculture, recirculating..

Resumen-- La proteína derivada de insectos como sustituto de harina de pescado en la elaboración de alimento para peces disminuye costos y evita el impacto sobre los stocks pesqueros, incorpora energía al sistema que se desperdicia en formas no utilizables. El objetivo fue comparar el crecimiento y sobrevivencia de dos grupos de crías de tilapia (*Oreochromis niloticus*) tratados con una dieta de larvas de mosca común (*Musca domestica*) como fuente proteica y alimento comercial. No se encontró diferencia ($p > 0.05$) en la ganancia diaria de peso, 0.2793 g (grupo 1) y de 0.2636 g (grupo 2). La sobrevivencia en ambos casos fue de 96%. El uso de proteína derivada de insectos no afectó los factores de conversión y crecimiento comparado con una dieta comercial de inicio en crías de Tilapia.

Palabras claves—Proteína alternaiva, *Oreochromis niloticus*, *Musca doméstica*, recirculación, acuicultura

INTRODUCCIÓN

La disminución de los bancos de peces en los océanos ha propiciado un aumento en la producción de peces de granja o acuicultura; y se han incrementado los volúmenes de producción y los mercados para las especies de bajo valor tales como la tilapia y el sabalote tanto en países en desarrollo como industrializados [16].

De acuerdo como lo presenta Bardach 1986 [4], los miembros de la familia Ciclidae, han sido una fuente de alimento prácticamente desde que el hombre comenzó a escribir la historia. Actualmente su introducción pesca y cultivo; principalmente Tilapia (*Oreochromis niloticus*), se han extendido prácticamente a todo el mundo destacando, Asia que en conjunto producen el 88%, África el 2.3% y América el 4.5% FAO [10].

La tilapia *O. niloticus* es un pez nativo de África, es resistente a enfermedades, se reproduce con facilidad, consume una gran variedad de alimentos y tolera aguas con bajas concentraciones de oxígeno disuelto y es comúnmente cultivada en estanques, jaulas y arrozales inundados como lo informa De Boeck, Vlaeminch, Van DerLinden y Blust, [8].

En México algunas especies de tilapias fueron introducidas en los sesentas y setentas tal es el caso de *O. mossambicus* y *O. aureus*, que fueron las primeras en 1964, *O. niloticus*, *O. urolepis* y *O. hornorum*

en 1978 como lo presentan Pullin, Palomares, Casal, Dey y Puly. [19]. Actualmente las tilapias se cultivan en todos los estados de la república mexicana a excepción de Aguascalientes y el D.F; las unidades de cultivo son estanques circulares de concreto o geomembrana estanques rústicos y jaulas SAGARPA, [22].

El interés por la tilapia ha generado una gran diversidad de trabajos en los distintos aspectos de su producción y desarrollo. En los aspectos productivos, es bien sabido que la nutrición representa el mayor costo de inversión, llegando a representar un 50% de los costos operativos como lo presenta El-Sayed [9]. Dentro las dietas balanceadas usadas hoy en día el elemento de mayor costo es la proteína cruda, la cual representa un 50% del costo total del alimento y en las cuales se usa harina de pescado como aditivo proteico y se estima que el 10% de producción global de peces se usa para producir este insumo [9], [25]. Este ingrediente ha presentado una tendencia al alza como lo presenta Van Huis [25], alcanzando en diciembre de 2014 un máximo de US\$ 2,388.57, estabilizándose un promedio de US\$1,655.14 durante el 2015 y los primeros meses del 2016 www.indexmundi.com [24]. El aumento en los precios de los insumos para la elaboración de alimentos procesados en acuicultura enfrenta a los productores y a los nutriólogos involucrados en producción de Tilapia, sobre todo en países en vías de desarrollo, a desarrollar alimentos comerciales con un buen costo beneficio usando recursos no convencionales, baratos y disponibles en la región [9]. En especial los relacionados con los contenidos proteicos aprovechables para esta actividad, lo que aumentaría la viabilidad de estos sistemas, sobre todo en el sector rural.

En este sentido la búsqueda de fuentes alternas y sostenibles de proteína es una situación que necesita soluciones viables a corto plazo lo que hace a los insectos una opción alimenticia atractiva [25]. ¿Sería posible hacer un alimento acuícola alternativo, sin sacrificar su valor nutricional, usando como fuente de proteína animal insectos y sus larvas?

En su estudio Arango. Vergara y Mejía. [1] afirman que los insectos constituyen una fuente ilimitada de proteína animal que está totalmente desaprovechada, dicha fuente asegura un insumo alimentario de acuerdo a los requisitos biológicos para una nutrición aceptable. Por otra parte tienen un mercado similar a la harina de pescado y ya han sido empleados como alimento en acuicultura, ganadería y en la industria de las mascotas como lo presenta Van Huis [25]. Para ello sería importante implementar crías masivas o multiplicación de animales empleando los insectos como “base nutricional”. En este sentido, algunos autores han desarrollado sistemas de crías de insectos tales como Ramírez y Nava [20], quienes presentaron un método detallado de la cría de mosca domestica (*Musca domestica*). Por su parte, algunos autores han demostrado la calidad nutritiva y la digestibilidad de larvas de distintas especies tales como Arango. Vergara y Mejía. [1], quienes estudiaron el valor nutricional de la harina de las larvas de *Hermetia illuscens*, a partir del análisis composicional, probaron la digestibilidad y calidad microbiológica, la compararon con una materia prima convencional como la harina de pescado y reportaron valores proteicos de 36.98 y digestibilidad de 81.57, con lo cual se cataloga como alimento proteico; mientras que Sheppard [23], encontró que la harina de larvas de mosca común (*Musca domestica*), tiene una composición proteica de hasta un 56.7%, lo que lo convierte en un excelente sustituto de la harina de pescado.

En el presente trabajo se muestran los resultados obtenidos al comparar el crecimiento, desarrollo y sobrevivencia de tilapias (*O niloticus*), tratadas con un alimento alternativo, en el que se sustituyó la harina de pescado por harina de larvas de mosca común (*Musca domestica*), contra tilapias tratadas con un alimento comercial (api-aba ® apitilapia etapa 1).

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de acuicultura, de la Escuela Superior de Ciencias Agropecuarias, ubicada en la colonia Unidad Esfuerzo y Trabajo. 2 calle 53 S/N en Escárcega, Campeche, en las siguientes coordenadas geográficas, 18°36. 021' Latitud N y 90°44.750' (Figura 1). Para el bioensayo se usaron 300 crías de *O. niloticus* de 1.5 g de peso en promedio, provenientes de un mismo lote, revertidos artificialmente con α -dimetil-testosterona para la obtención de machos. Los peces fueron colocados en tinas circulares de 1,200 l de capacidad con un sistema de recirculación permanente de agua (0.0 partes por mil de salinidad), con una densidad de 50 crías por tina, con un original y dos réplicas por tratamiento, la proteína de origen animal se obtuvo a partir de larvas de mosca común, criadas con el método descrito por Ramírez y Nava [20]. Las larvas de mosca fueron secadas y molidas para elaborar harina y utilizando los datos obtenidos por Arango, Vargas y Mejía [1], se fabricaron pellets, con 40% de proteína cruda, sustituyendo así la harina de pescado en un 100% para la dieta a probar. Se usaron dos tratamientos: i) Alimento con Harina de Larva de Mosca (AHM). Pellets de alimento con 40% de proteína cruda; ii) Alimento Comercial (AC). Pellets de alimento comercial (api-aba) apitilapia uno. Las cantidades y formas suministradas a los organismos en ambos tratamientos son las recomendadas por el fabricante para esta etapa.

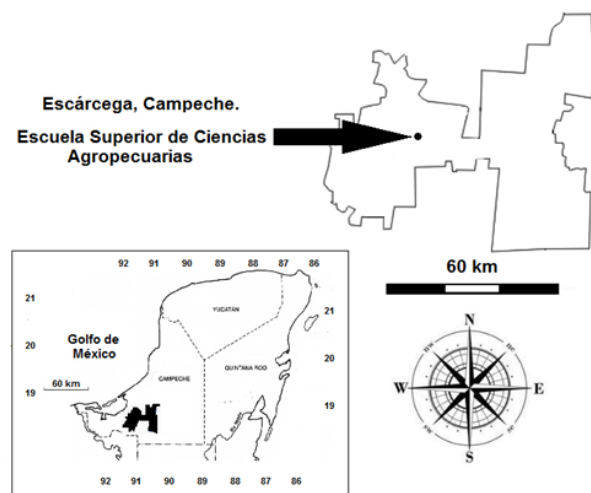


Fig. 1. Parámetros fisicoquímicos del tratamiento uno.

Una vez por semana se pesó a los organismos con una balanza granataria de tres brazos, con una capacidad de 2,610 g (0.1 g de precisión). El tamaño de muestra se determinó de acuerdo a la siguiente formula.

$$\frac{t^2 s^2}{d^2} = M$$

Dónde:

M = Es el tamaño mínimo de muestra

t = Es el valor en las tablas de la T de Student con un número infinito de grados de libertad y con 95% de confiabilidad.

S^2 = es la varianza

d = es el error deseado en decimales.

La calidad del agua de cada tina se mantuvo mediante un filtro biológico y un soplador regenerativo de ¼ HP de potencia. El agua se cambió con la frecuencia que lo requirieron las condiciones de calidad del agua.

Las variables fisicoquímicas de oxígeno disuelto y temperatura del agua se midieron diariamente mediante una sonda multiparámetros marca HACH modelo HQ40d y el pH con un potenciómetro digital marca Hanna HI9214.

La evaluación del peso ganado por día se calculó por medio de la siguiente formula.

$$\frac{Wf - Wi}{t} = Pg$$

Dónde:

Pg = peso ganado por día

Wi = peso inicial

Wf = peso final

t = tiempo

El factor de conversión se calculó mediante la siguiente formula:

$$\frac{Pi - Po}{Wf} = Fc$$

Dónde:

Fc = Factor de conversión alimenticia.

Pi = Peso inicial.

Po = Peso Final en el periodo.

Wf = Peso del alimento suministrado.

Se determinó el porcentaje de supervivencia en ambos tratamientos mediante la siguiente formula:

$$\frac{Nf}{Ni} \times 100 = S$$

Dónde:

Ni = Número de individuos al inicio del bioensayo.

Nf = Número de individuos al término del bioensayo.

S = porcentaje de sobrevivencia

Los datos obtenidos de peso y factor de conversión se procesaron con el software Statistica 8, mediante un análisis de varianza de una vía (ANDEVA), los supuestos de normalidad se verificaron mediante la prueba de Kolmogorov y Smirnov y la homocedasticidad con la prueba de Bartlett y Cochran.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. *Parámetros Fisicoquímicos.*

Durante el bioensayo la temperatura promedio registrada para el primer tratamiento fue de 26.1°C con mínima de 22.2°C y máxima de 27.9 °C. Para el segundo tratamiento la temperatura registró una media de 26.0°C, con mínima de 22.2°C y máxima de 28.7 °C. Los rangos de temperatura en ambos tratamientos se mantienen dentro de los márgenes reportados por Popma y Green [18], y Marcillo & Landivar, [15] que ubican como óptimo de 26°C a 29 °C, siendo la temperatura ideal para la engorda de estos peces entre 24° y 32 °C, que también coincide con los rangos reportados por Richter, Francis y Becker [21], que ubica como la temperatura más apropiada para que la tilapia se alimente 24.3°C. Asimismo la temperatura se mantuvo muy por encima de lo reportado por Balarin [3], que menciona que las temperaturas menores a 12°C son letales para la tilapia nilótica.

El oxígeno disuelto presentó un promedio de 7.45mg/l, una mínima 6.23 mg/l, y máxima 8 mg/l para el tratamiento uno y para el tratamiento dos presento una mínima de 6.64 mg/l, con una media de 7.66mg/l y máxima de 8.26mg/l. La cantidad de oxígeno disuelto es uno de los principales factores que limitan la productividad de la piscicultura, debido a que este gas es esencial no solo para los procesos vitales, sino también porque su disponibilidad en el cuerpo de agua determina la conversión alimenticia de la especie cultivada tal como lo indican por Iwama, Takemura y Takamo [12]. Asimismo, es conocido, que el consumo de oxígeno es un reflejo de la tasa metabólica del pez en diferentes situaciones como lo presentan De Boeck, Vlaeminch, Van Der Linden y Blust [8]. De acuerdo con Lovell [14] la tilapia puede tolerar condiciones menos favorables que otras especies, como concentraciones de hasta 0.10 ppm de oxígeno disuelto en el agua sin embargo, los niveles registrados en ambos tratamientos estuvieron por encima de este nivel.

Autores como Garduño y Muñoz [11]; Castillo [6] y Basurto [5] reportan que la Tilapia ha podido sobrevivir en aguas con diferentes niveles de concentración de sales, incluyendo aguas marinas y aguas con bajos contenidos de oxígeno como las estancadas, en este sentido, los rangos en los que se efectuó el bioensayo, coinciden con los mencionados por Klinge, Lich y Loza [13].

El pH durante el desarrollo del bioensayo mantuvo una media de 7.26, un mínimo de 6.31 y un máximo de 7.98 (Figura 1), para el primer tratamiento y una media de 7.23, un mínimo de 6.36 y un máximo 8, en el tratamiento dos (Figura 3).

B. *Parámetros Biométricos.*

En la semana cero, los organismos usados en el bioensayo fueron pesados y medidos, estos presentaron un peso promedio de 1.54 g y una longitud total promedio de 4.2 cm, en los designados para el tratamiento uno. Los designados para el tratamiento dos, presentaron un peso promedio de 1.55 g (Figura 4) y una talla de promedio 4.2 cm, con el ANDEVA efectuado se comprobó que al inicio del bioensayo no existían diferencias en el peso de los organismos usados en los diferentes tratamientos. Sin embargo en la primer semana los organismos del tratamiento uno presentaron un peso medio mayor, el tratamiento uno gana más peso en este periodo.

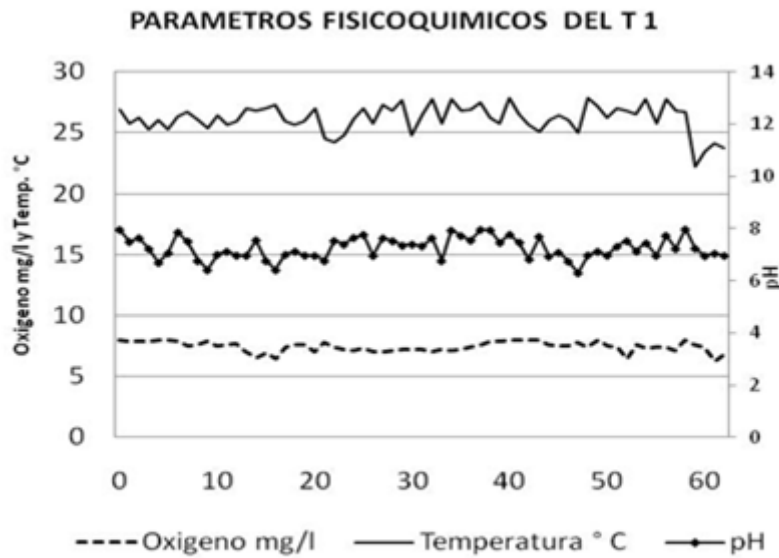


Fig. 2. Parámetros fisicoquímicos del tratamiento 1.

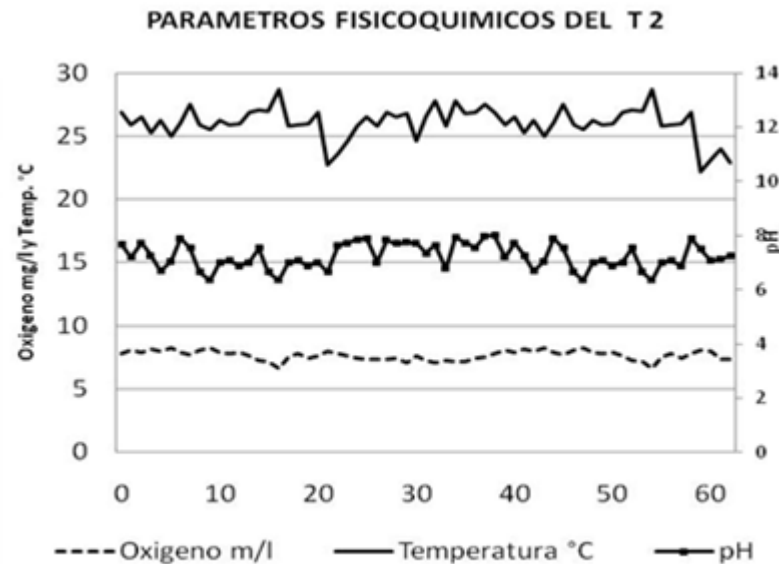


Fig. 3. Parámetros fisicoquímicos del tratamiento 2.

Apartir de la semana dos y a lo largo del bioensayo, de acuerdo con las ANDEVA aplicadas, la media en ambos tratamientos no presentaron diferencias significativas (Cuadro 1).

Al final del bioensayo en la semana nueve, los organismo del tratamiento uno presentaron un peso promedio de 19.14 gr. y una talla de 10.2 cm, y en el tratamiento dos presentaron un peso promedio de 18.16 g, una talla de 10.2 cm. Aparentemente se observó un peso medio mayor en el tratamiento uno (Figura 5). Sin embargo el ANDEVA indica que al finalizar el experimento no existen diferencias entre los pesos registrados en ambos tratamientos (Cuadro 2).

Cuadro I. Promedio del peso registrado por tratamiento por semana y valores de F y P de los ANDEVAS aplicados.

Semana	Peso promedio por tratamiento		Valor de F	Valor de P
	T1	T2		
0	1.54	1.55	0.00	0.97
1	2.22	1.77	5.39	0.03
2	3.22	3.21	0.00	0.93
3	4.32	4.45	0.23	0.64
4	5.98	5.46	0.60	0.46
5	6.97	6.69	1.12	0.31
6	9.92	9.61	0.12	0.72
7	13.46	13.04	0.03	0.85
8	16.58	14.81	0.37	0.55
9	19.14	18.16	0.08	0.77

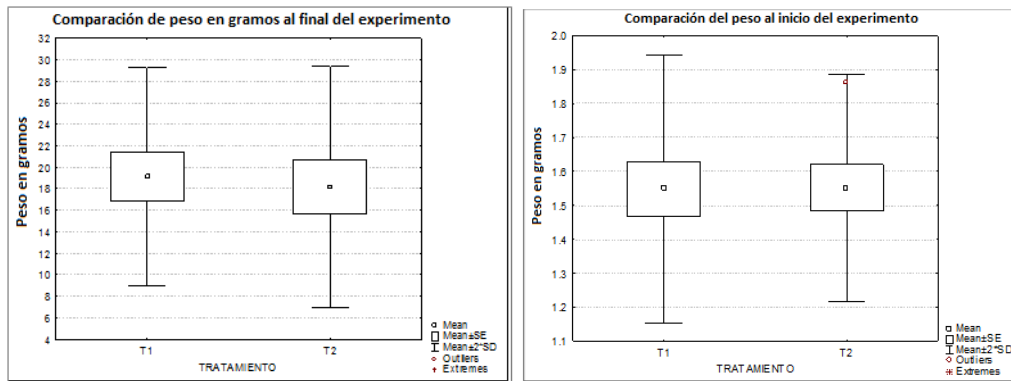


Fig. 4. Gráfica de Comparación del peso de los organismos a la semana nueve.

El número y título de una tabla aparece como encabezado. No permita que una tabla aparezca en dos páginas. Debe estar centrada.

Cuadro II. ANDEVA del factor de conversión de los tratamientos.

Tabla de ANDEVA de una vía					
	SS	Grados de libertad	MS	F	P
Tratamiento	0.00045	1	0.00045	0.0058	0.940239
Error	1.241444	16	0.07759		

Durante el desarrollo del bioensayo se pudo constatar que el crecimiento de los organismos en ambos tratamientos se mantuvo sin diferencias (Figura 5).

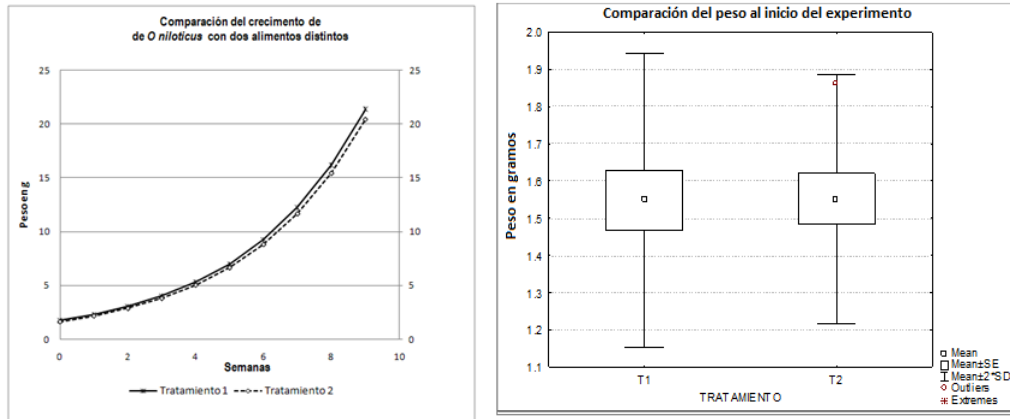


Fig. 5. Gráfica de comparación del desarrollo de los organismos de la semana cero a la nueve.

El valor del factor de conversión promedio para los tratamientos 1 y 2 fue de 0.534 y 0.524 respectivamente. No obstante el ANDEVA aplicado a los resultados obtenidos durante las nueve semanas que duro el bioensayo demostro que no existe diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 2).

La sobrevivencia en ambos tratamientos fue igual y los incrementos promedio de peso por día y total no presentaron diferencias (Cuadro 3).

Hola

Cuadro 3. Sobrevivencia y ganancia de peso en cada tratamiento.

Variable	Tratamiento 1	Tratamiento 2
Sobrevivencia	96%	96%
Peso promedio ganado por día	0.2793 g	0.2636 g
Peso promedio ganado en total	17.6 g	16.61 g

En lo que se refiere a los datos obtenidos de crecimiento, Cerda, Pérez, Zaragoza y Fernández [7] obtuvo resultados similares a los reportados en este trabajo, cuando uso alimentos con distintos niveles proteicos. Por otro lado, son similares para esta etapa con los presentados por Poot, Salazar y Hernández [17], cuando compararon tres diferentes marcas comerciales, entre ellas apitilapia.

Al final del bioensayo, basandonos en los resultados obtenidos podemos concluir que:

- El crecimiento medido como peso diario y final de los peces en ambos tratamientos no presento diferencias significativas.
- El índice de conversión del alimento comercial y el alimento alternativo no presento diferencias.
- La sobrevivencia de los organismos no fue afectada por el uso del alimento alternativo.

Por lo anterior, en la cría de *Oreochromis niloticus*, es posible sustituir la proteína de origen animal hecha a partir de harina de pescado, por harina de larvas de mosca (*Musca domestica*).

Se recomienda implementar trabajos que consideren y evalúen la pertinencia de la producción masiva de insectos y sus larvas factible de ser usada en alimentación animal.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los compañeros: Lisando Encalada e Ivonne Esmeralda Duarte por sus valiosos comentarios, los cuales permitieron enriquecer este trabajo, a todos ellos nuestro más amplio reconocimiento.

LITERATURA CITADA

- [1] Arango-Gutierrez G.P., Vergara-Ruiz R.A., Mejia-Velez H. 2004. Compositional, microbiological and protein digestibility analysis of larval meal of *Hermetia illucens* (Diptera:Stratiomyidae) at Angelopolis-Antioquia, Colombia. *Revista - Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 57:2491-2499.
- [2] Arango-Gutiérrez G.P. 2005. Los insectos: una materia prima alimenticia promisorio contra la hambruna. *Revista - Lasallista de Investigación* 2:33-37.
- [3] Balarín J.D. 1979. *Tilapia, a guide to their Biology and culture in África*. University of Stirling. Stirling-Scotland: 151 pp.
- [4] Bardach J.E., Ryter J.H., McLaren W.O. 1986. *Acuicultura de organismos marinos y de agua dulce*. Agt Editor, S.A. México D.F. 288 pp.
- [5] Basurto-Origel M. 2002. Algunos aspectos reproductivos de la Tilapia *Oreochromis niloticus* (Linneo) en la laguna de Chila, Veracruz. Centro Regional de Investigación Pesquera en Puerto Morelos, Q. Roo. <http://ecologia.uat.mx/biotam/v6n3/art6/>
- [6] Castillo-Campo L.F. 2001. Tilapia roja 2001. Una evolución de 20 años, de la incertidumbre al éxito doce años después. Cali, Valle. www.todomaiz.com/acquapia/
- [7] Cerda M.J., Pérez L., Zaragoza L., Fernandez J. 1998. Crecimiento de tilapias (*Oreochromis niloticus*), con piensos extrucionados de diferente nivel proteico. *Archivos de zootecnia* 47:11-20.
- [8] De Boeck G., Vlaeminch A., Van Der Linden A., Blust R. 2000. Salt stress and resistance to hypoxic challenge in the common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Journal of Fish Biology* 57:761-776.
- [9] El-Sayeb A. 2006. *Tilapia culture*. CABI publishing, Cambridge, USA. 275 pp.
- [10] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO 2016. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura: Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos*. Roma. 224 pp.
- [11] Garduño-Lugo M., Muñoz Córdova G. 1998. Comparación de parámetros reproductivos, de crecimiento, fenotípicos y económicos de tilapia roja. Tlapacoyan, Veracruz, Sistema de investigación del golfo de México 4 pp.
- [12] Iwama G., Takemura A., Takano K. 1997. Oxygen consumption rates of tilapia in fresh wáter, sea wáter, and hypersaline sea water. *Journal of Fish Biology* 51:86-94.
- [13] Klinge L.O., Lich H.C., Loza A. 2000. Estudio de Prefactibilidad para la instalación de un centro de producción de tilapia roja (*Oreochromis spp*) y procesamiento como filete fresco con fines de exportación. Tesis para optar el título de Ingeniero Pesquero. Lima: Universidad Nacional la Agraria.
- [14] Lovell C. 1989. *Nutrition and Feeding of Fish*. Van Nostrand. Reinhold Publishers, New York, USA. 256 p.
- [15] Marcillo G.E., Landivar Z.J. 2000. *Tecnología de Producción de Alevinos monosexo de Tilapia*. Escuela superior politécnica del litoral, Facultad de Ing. Marina y Ciencias del Mar. Ecuador: 60 p.
- [16] Naylor R.L., Goldberg R.J., Primavera J.H., Kautsky N., Beveridge M.C.M., Clay J., Folke C., Lubchenco J., Mooney H., Troell M. 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature* 405, 1017-1024
- [17] Poot-Delgado C., Salazar R., Hernández M. 2009. Evaluación de dietas comerciales sobre el crecimiento de tilapia (*Oreochromis niloticus*) En: Segundo congreso internacional de investigación. Ciudad Delicias Chihuahua 23-25, de septiembre de 2009.
- [18] Popma T.J., Green B.W. 1990. Sex reversal of tilapia in earthen ponds. Research and Development Series. International Center for Aquaculture, Alabama Agriculture Experiment Station, Auburn University, Auburn, AL, p. 15.

- [19] Pullin S.V., Palomares M.L., Casal C.V., Dey M.M., Pauly D. 1997. Environmental impacts of tilapias. In: Fitzsimmons, K. Ed. *Tilapia aquaculture: Proceedings of the fourth international symposium on tilapia in aquaculture*. Northeast regional agricultural engineering service. Ithaca, Ny, usa.
- [20] Ramírez L., Nava U. 2004. Método de cría de mosca domestica *Musca domestica* (Diptera: muscidae), y sus parasitoides *Spalangia* sp. *Ymuscidifurax* sp, (Hymenoptera: Pteromalidae). In: *Cría de insectos plaga y organismos benéficos* Néstor Bautista Martínez, Hiram Bravo Mojica y Claudio Chavarin Palacio eds. 1a ed. México. 323 pp.
- [21] Richter H., Francis G., Becker K. 2002. A reassessment of the maintenance ration of red tilapia. *Aquaculture International* 10:1-9.
- [22] Secretaría de Agricultura Ganadería Pesca y Alimentación 2012. *Carta Nacional Acuícola*. Aprobada el 13 de marzo de 2012.
- [23] Sheppard C. 2002. *Black soldier fly and others for value added manure management*. University of Georgia. Department of Entomology and Animal Science. Athens, GA.
- [24] <http://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=fish-meal&months=120> verificado en agosto 2016
- [25] Van-Huis A., Van-Itterbeeck J., Klunder H., Mertens E., Halloran A., Muir G., Vantomme P. 2013. *Edible insects: future prospects for food and feed security*. FAO Forestry Paper, 171. Rome