



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

Establecimiento de una dieta a partir de harina de larva de mosca para juveniles de *Macrobrachium sp.* en condiciones de cultivo.

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de Maestría en Ciencias

Presenta:
Jesús Josafat De León Ramírez

Dirigida por:
Dr. Juan Fernando García Trejo

Centro Universitario Querétaro, Qro. 2018



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ciencias en Ingeniería en Biosistemas

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestría en Ciencias en Ingeniería en Biosistemas

Presenta:

Jesús Josafat De León Ramírez

Dirigido por:

Dr. Juan Fernando García Trejo

Dr. Juan Fernando García Trejo
Presidente

Firma

M. en C. Guillermo Abraham Peña Herrejón
Secretario

Firma

Dr. Carlos Francisco Sosa Ferreyra
Vocal

Firma

Dr. Irineo Torres Pacheco
Suplente

Firma

Dr. Oscar Alatorre Jacome
Suplente

Firma

Dr. Manuel Toledano Ayala
Director de la Facultad de Ingeniería

Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña
Directora de Investigación y Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Octubre, 2018

RESUMEN

En acuicultura, la alimentación representa un factor de gran influencia sobre los rendimientos de producción, es por tanto, uno de los puntos sobre los cuales se han centrado una gran cantidad de investigaciones para la generación de alimentos balanceados capaces de cubrir los requerimientos nutricionales de las especies utilizadas dentro de este sector productivo. En este caso, las formulaciones desarrolladas para especies acuícolas tienen como componente principal la porción proteica, representando del 25 al 55% de la formulación; actualmente, este ingrediente es provisto empleando harina de pescado y en menor cantidad, harina de soya. Sin embargo, estos insumos están sujetos a una constante variación de precios y disponibilidad, inconvenientes que, sumados al impacto ecológico causado para su obtención llevan a explorar el uso de fuentes proteicas alternativas. Con base a esto, en el presente trabajo evalúa el potencial de la larva de mosca doméstica (*Musca domestica*) como fuente de proteína para sustituir parcial o totalmente a la harina de pescado en la elaboración de alimentos balanceados, en este caso para la alimentación de individuos del género *Macrobrachium*. Para evaluar dicho potencial se procedió a la producción de larvas de moscas las cuales fueron procesadas para la obtención de harina, a partir de la cual se formularon tres dietas experimentales con diferencias en el contenido proteico (25, 30 y 35%), las cuales fueron valoradas frente a tres dietas comerciales con las mismas características proteicas. Las dietas fueron proporcionadas a juveniles del género *Macrobrachium* con un peso inicial de $1.476 \pm 0.017\text{g}$ durante un periodo de 90 días, para evaluar las siguientes variables de respuesta: tasa de sobrevivencia, tasa de crecimiento, factor de conversión alimenticia y factor de eficiencia proteica. Observándose que, al termino del periodo experimental la alimentación con una dieta comercial del 35% brinda un mayor aporte al crecimiento con diferencias significativas al resto de las dietas; sin embargo, dentro de los primeros 60 días de experimentación las dietas a base de larva de mosca no presentaron diferencias estadísticamente significativas en comparación con las dietas comerciales. Por lo cual se considera que, en la alimentación del género *Macrobrachium* es factible la inclusión de una dieta a base de larva de mosca doméstica.

(Palabras clave: Alimentos balanceados, crecimiento, langostinos)

SUMMARY

In aquaculture, the feeding represents a factor of great influence on the production yields, therefore, it is one of the points on which a considerable amount of research has been focused for the generation of balanced feeds capable of covering the nutritional requirements of the species used within this productive sector. In this case, the formulations developed for aquaculture species have as the main component is the protein portion, representing 25 to 55% of the formulation; currently, this ingredient is provided using fishmeal and in smaller quantities, soybean meal. However, these ingredients are subject to a constant variation in prices and availability, drawbacks that, added to the ecological impact caused to obtain them, lead us to explore the use of alternative protein sources. Based on this, the present work evaluate the potential of the domestic fly larva (*Musca domestica*) as a protein source to partially or totally replace fishmeal in the production of balanced feed, in this case for feeding of individuals of the *Macrobrachium* genus. To evaluate this potential, the larvae of flies were processed, which were processed to obtain meal, from which three experimental diets were formulated with differences in protein content (25, 30 and 35%), which were evaluated against three commercial diets with the same protein characteristics. The diets were provided to juveniles of the genus *Macrobrachium* with an initial weight of $1.476 \pm 0.017\text{g}$ during a period of 90 days, at the end of which the following response variables were evaluated: survival rate, growth rate, feed conversion ratio and protein efficiency ratio. Observing that, at the end of the experimental period, the diet with a commercial diet of 35% provides a greater contribution to growth with significant differences to the rest of the diets; however, within the first 60 days of experimentation, fly larva diets did not show statistically significant differences compared to commercial diets. Therefore, it is considered that, in the diet of the *Macrobrachium* genus, the inclusion of a diet based on domestic fly larvae is feasible.

(Key words: balanced feeds, growth, prawns)

AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis Dr. Juan Fernando García Trejo quien me brindó la confianza y apoyo para realizar el presente trabajo.

A el sínodo que revisó este trabajo y que en su momento dieron valiosas aportaciones

A los integrantes del laboratorio de Bioingeniería y a los trabajadores del Campus Amazcala que contribuyeron en la realización de las actividades inherentes a este trabajo

Al CONACYT que con su apoyo logré dedicarme de forma adecuada a la ejecución de la presente investigación

1. INTRODUCCIÓN	10
2. MOTIVACIÓN	12
3. REVISIÓN DE LITERATURA	13
3.1 DIETA	13
3.1.1 Nutrientes	13
3.1.1.1 Proteínas.....	14
3.1.1.2 Lípidos.....	14
3.1.1.3 Carbohidratos	15
3.1.1.4 Vitaminas.....	15
3.1.1.5 Minerales.....	16
3.2 HARINA DE PESCADO Y DE SOYA	16
3.2.1 Sustitución de harinas.....	17
3.3 LARVA DE MOSCA	18
3.3.1 Empleo de larva de mosca en dietas acuícolas.....	19
4.1 MACROBRACHIUM SP.	20
4.1.1 Ciclo de vida	21
4.1.2 Importancia ecológica	23
4.1.3 Importancia económica	23
4.1.4 Importancia del cultivo de Macrobrachium.....	24
4.1.5 Alimentación de Macrobrachium	24
4.1.6 Investigaciones sobre la alimentación de Macrobrachium.	25
4. HIPOTESIS Y OBJETIVOS	27
HIPÓTESIS	27
OBJETIVO GENERAL.....	27
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
5 METODOLOGÍA	28
5.1 PRODUCCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE HARINA DE LARVA.....	29
Obtención de pie de cría	29
Producción de larva	29
Elaboración de harina de larva de mosca.....	30

<i>Análisis bromatológicos</i>	31
5.2 FORMULACIÓN DE DIETAS CON HARINA DE LARVA.....	31
<i>Selección de ingredientes</i>	31
<i>Formulación de dietas</i>	32
5.3 OBTENCIÓN DE EJEMPLARES DE <i>MACROBRACHIUM</i>	33
<i>Aclimatación a cautiverio</i>	33
<i>Selección de individuos</i>	33
5.4 EVALUACIÓN DE DIETAS	33
<i>Dietas comerciales</i>	35
<i>Perfil de aminoácidos</i>	35
<i>Monitoreo de agua</i>	35
<i>Variables de respuesta</i>	36
<i>Análisis estadístico</i>	37
6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
6.1 PRODUCCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE HARINA DE LARVA.....	38
<i>Elaboración de la harina de larva de mosca</i>	39
6.2 FORMULACIÓN DE DIETAS	41
6.3 SUMINISTRO Y EVALUACIÓN DE DIETAS	41
<i>Perfil de aminoácidos</i>	41
<i>Monitoreo de agua</i>	42
<i>Variables de respuesta y análisis estadístico</i>	43
7 CONCLUSIÓN	45
8 REFERENCIAS	46

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. FASES DEL CICLO DE VIDA DE LA MOSCA DOMESTICA Y DURACIÓN DE LAS MISMAS (IQBAL ET AL., 2014; SÁNCHEZ-ARROYO & CAPINERA, 2014)	18
FIGURA 2. MORFOLOGÍA DEL GÉNERO <i>MACROBRACHIUM</i>	21
FIGURA 3. CICLO DE VIDA DE <i>MACROBRACHIUM</i>	22
FIGURA 4. A) TRAMPA PARA CAPTURA, ALIMENTACIÓN, OVOPOSICIÓN Y EMERGENCIA DE MOSCA. B) INCUBACIÓN DE HUEVO C) CRECIMIENTO DE LARVA	29
FIGURA 5. PROCESAMIENTO DE LARVA PARA LA OBTENCIÓN DE LA HARINA	31
FIGURA 6. ESQUEMA GENERAL DEL BIOENSAYO.....	34
DIETA I, II Y III (EXPERIMENTALES) A BASE DE LARVA CON 25, 30 Y 35% DE PROTEINA RESPECTIVAMENTE	34
DIETA IV, V Y VI COMERCIALES 25, 30 Y 35% DE PROTEINA RESPECTIVAMENTE	34
FIGURA 7. PRODUCCIÓN DE LARVA DE MOSCA A LO LARGO DEL PERIODO DE TRABAJO Y SU RELACIÓN CON LA TEMPERATURA.....	39

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. AMINOÁCIDOS EN HARINA DE LARVA DE MOSCA Y SU COMPARACIÓN CON OTRAS FUENTES PROTEICAS.	19
TABLA 2. AMINOÁCIDOS ESENCIALES DEL GÉNERO <i>MACROBRACHIUM</i>	25
TABLA 3. ESQUEMA DE LA METODOLOGÍA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.	28
TABLA 4. DISTRIBUCIÓN INTERIOR DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LARVA DE MOSCA.	30
TABLA 5. COMPOSICIÓN E INGREDIENTES DE LAS DIETAS FORMULADAS.	32
TABLA 6. COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS COMERCIALES.	35
TABLA 7. CONDICIONES FISICOQUÍMICAS PARA EL CULTIVO DE LANGOSTINO.	36
TABLA 8. VARIABLES DE RESPUESTA PARA LA EVALUACIÓN DE SUSTRATOS EMPLEADOS COMO MEDIO DE CULTIVO	38
TABLA 9. ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS DE LA HARINA DE LARVA.	40
TABLA 10. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.	41
TABLA 11. COMPARATIVO DE LA CONCENTRACIÓN DE AMINOÁCIDOS POR DIETA EVALUADA	42
TABLA 12. CONDICIONES FISICOQUÍMICAS DEL AGUA A LO LARGO DEL PERIODO EXPERIMENTAL.	43
TABLA 13. VARIABLES DE RESPUESTA PARA PRUEBA GRUPAL.	43
TABLA 14. VARIABLES DE RESPUESTA PARA PRUEBA INDIVIDUAL.	44

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de la actividad acuícola, uno de los puntos que determinan el éxito o fracaso de esta actividad es la alimentación de las especies cultivadas; ya que es un rubro que tiene incidencia directa en todo el proceso productivo (Vega-Villasante *et al.*, 2000; Cruz-Suarez *et al.*, 2002). En este sentido, la alimentación a la cual están sujetos los organismos cultivados debe estar basada en el diseño de dietas eficaces, las cuales consistan en una mezcla de ingredientes que proporcionen las características físico-químicas (estabilidad en el agua, su flotabilidad y su sabor, etc.) y nutricionales (proteínas, carbohidratos, lípidos, etc.) (Teshima *et al.*, 2000; Civera *et al.*, 2010) que permitan cubrir los requerimientos energéticos y nutricionales (Tacon & Foster, 2003; Church *et al.*, 2004; Canseco *et al.*, 2015); garantizando el crecimiento, desarrollo, reproducción y sobrevivencia de cada uno de los individuos cultivados (Cruz-Suarez *et al.*, 2006; Drew *et al.*, 2007).

En este sentido, la mezcla requerida para la mayoría de las especies acuícolas tiene como ingrediente principal la parte proteica, puesto que constituye entre el 20 – 55% de la mezcla (Glencross *et al.*, 2007; Civera *et al.*, 2010), en la actualidad este ingrediente es suministrado principalmente empleando la harina de pescado y seguido de la harina de soya (FAO, 2014). Sin embargo, presentan ciertos inconvenientes para su uso, debido a la variación en la disponibilidad así como aumento de los precios de compra (IMF, 2010; FAO, 2014).

Es esta situación la que ha llevado a considerar el empleo de fuentes alternativas de proteínas (García-Ortega *et al.*, 2010; Canseco *et al.*, 2015). Por tanto; en años recientes, se han realizado trabajos experimentales, donde se contempla la incorporación de ciertas especies de insectos en la formulación de dietas y posterior elaboración de alimentos para organismos acuícolas; esto fundamentado en que algunos de estos insectos son consumidos por las especies

cultivadas cuando se encuentran en su ambiente silvestre (Howe *et al.*, 2014;. Whitley & Bollens, 2014). Dentro de este grupo de insectos, la mosca doméstica (*Musca domestica*), presenta características atractivas, puesto que en su etapa larval, se reportan entre 28 y 64% de proteína (Pro *et al.*, 1999; Zuidhof *et al.*, 2003; Ogunji *et al.*, 2008a; Hwangbo *et al.*, 2009; Pieterse & Pretorius 2014).

En lo que confiere a estudios sobre el empleo de larvas de mosca en dietas para consumo de especies acuícolas, se han realizado pruebas para incluir este ingrediente en dietas de Tilapia, bagre y carpa; en 2008 Ogunji bajo tres grupos de trabajo evaluó la inclusión de la larva en un 15 y 25% para la alimentación de tilapia obteniendo buen crecimiento en una inclusión del 25% sin embargo la ganancia en peso se localizaba por debajo de la generado con un alimento a base de harina de pescado. Por su parte Achionye-Nzeh & Ngwudo, Fasakin *et al.*, en 2003 y Aniebo *et al.*, en 2009, probaron la larva de mosca en el bagre Obteniendo que la incorporación del 25% generaba crecimiento estadísticamente similar al que se llega con la a harina de pescado. Finalmente en 2011 Ogunji *et al.*, tomaron alevines de carpa para evaluar su crecimiento con varios alimentos a base harina de larvas de mosca resultando que la inserción de larva en un rango del 15 al 45% mostraba un crecimiento a la par del alimento comercial a base de harina de pescado.

2. MOTIVACIÓN

La acuicultura se ha convertido en una de las actividades productivas con mayor crecimiento, esto debido a que se le considera como una alternativa para cubrir la creciente demanda de alimentos por parte de la población (FAO, 2012). Sin embargo, para su realización es preciso el análisis de ciertos factores pudieran complicar o limitar su práctica como lo son: la disponibilidad de agua, el ambiente que rodea un cultivo, la especie deseada y como parte central, la alimentación.

En la actualidad, la acuicultura basa su suministro alimenticio en dietas establecidas principalmente a partir del uso de la harina de pescado como fuente proteica (FAO, 2014), la cual constituye entre el 25 al 55% de la mezcla alimenticia (Glencross *et al.*, 2007; Civera *et al.*, 2010). En 2012 la FAO reportó una producción de harina de pescado a nivel mundial superior a los 15 millones de toneladas y estimó que, para el año 2020 la actividad acuícola demandará un 20% más de éste producto; la creciente demanda sumada a la variación en la disponibilidad y en los costos de este ingrediente (IMF, 2010), llevan a considerar la implementación de fuentes alternativas de proteínas, mismas que contribuyan al progreso de la actividad acuícola (Luchini & Panné-Huidobro, 2008; Garcia-Ortega *et al.*, 2010; Canseco *et al.*, 2015).

Debido a esto, se ha trabajado en la implementación de nuevas fuentes de proteínas. En este caso la inclusión de insectos se está convirtiendo en una opción con un notable campo de desarrollo, esto al considerar que son organismos ricos en proteínas, lípidos, así como en vitaminas y minerales (Van Huis, 2013) sumándose estas características al punto de que no se requieren grandes extensiones de tierra y gran cantidad de recursos (energía y agua) para su producción (Oonincx & De Boer, 2012).

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Dieta

La dieta es considerada con una mezcla de ingredientes o alimentos empleados para el suministro de nutrientes a un ser vivo (Church *et al.*, 2004); una dieta debe cubrir las necesidades de energía y de nutrientes (Tacon & Foster, 2003; Canseco *et al.*, 2015). para sostener el mantenimiento, crecimiento y reproducción (Cruz-Suarez *et al.*, 2006; Drew *et al.*, 2007). Por tanto, el diseñar y formular una dieta significa traducir los requerimientos de nutrientes, en términos de una mezcla balanceada de ingredientes de calidad que puedan ser reunidos en un alimento para cierto grupo de animales con el fin de conseguir el mayor rendimiento productivo posible (Cho & Dominique, 1996; Church *et al.*, 2004; Civera *et al.*, 2010).

3.1.1 Nutrientes

Los nutrientes presentes en cada uno de los ingredientes que forman parte de las dietas participan en procesos químicos y fisiológicos que están involucrados en el crecimiento, reparación y mantenimiento del cuerpo. Las proteínas son los nutrientes responsables del crecimiento así como de la regulación y secreción de hormonas, mientras que los lípidos y carbohidratos cumplen con la función de brindar energía; igualmente la presencia de vitaminas y minerales es necesaria, puesto que actúan como intermediarios en ciertas funciones del organismo (Shiau, 1998; Martínez-Porchas, 2005). Por tanto, la relación entre nutrientes para cada especie animal y etapa de su ciclo biológico resultan ser sumamente complejas, ya que la deficiencia o abundancia de uno de ellos puede deteriorar los procesos fisiológicos (Maynard *et al.*, 1983).

3.1.1.1 Proteínas

Las proteínas son el principal constituyente de los organismos vivos y por lo regular son los nutrientes que se hallan en mayor porcentaje en las dietas para especies acuícolas, por lo que resultan ser el nutriente más costoso en la alimentación (Lee *et al.*, 2002). El porcentaje de proteínas que se requieren en la alimentación es mayor en el caso de organismos jóvenes en crecimiento y declina de manera gradual hasta la madurez, cuando solo se requieren de una cantidad para mantener los tejidos corporales (Church *et al.*, 2004).

La digestibilidad de las proteínas es una parte muy importante del proceso nutricional puesto que va a determinar la disponibilidad de aminoácidos, mismos que son esenciales en la formación de hormonas, enzimas y tejido muscular (Kureshy & Davis, 2002). Se ha demostrado que una alimentación en la cual uno o más de los aminoácidos esenciales de cada organismo sean deficientes limita la respuesta de crecimiento. Del mismo modo una limitante para el crecimiento es la insuficiencia de lípidos y carbohidratos para proporcionar la energía que requiere el organismo, puesto que a falta de ellos se comienza a destinar a las proteínas como fuente de energía (García, 1997).

3.1.1.2 Lípidos

Los lípidos son una fuente de energía, ácidos grasos, fosfolípidos y colesterol que resultan ser necesarios para el correcto desarrollo y sobrevivencia (Webster *et al.*, 2002a; Webster *et al.*, 2002b), puesto que desempeñan un papel fundamental en el funcionamiento de las células, participan activamente en actividades metabólicas como componentes de las estructuras celulares; también funcionan como aislantes térmicos y mecánicos, como vehículo de vitaminas (Church *et al.*, 2004).

3.1.1.3 Carbohidratos

Estos nutrientes son la fuente inmediata de energía para el organismo, pues rápidamente se desdoblán formando glucosa (Maynard *et al.*, 1983). Además de cumplir con esa función, los carbohidratos cumplen con otras funciones para el mantenimiento de la salud; carbohidratos como la celulosa y la pectina no aportan sustancias nutritivas al organismo pero estimulan el movimiento del tracto gastrointestinal y ayudan en la absorción de agua en el intestino grueso; asimismo sirven como ahorro de las proteínas presentes en la dieta, el hecho de que en la alimentación se encuentre presente una buena porción de carbohidratos evita que las proteínas sean empleadas como fuente de energía y estas solo sean asignadas a la función de crecimiento y renovación de tejidos (García, 1997). Una carencia de carbohidratos conlleva a la merma en el proceso de crecimiento puesto que se reduce la actividad metabólica y comienza el deterioro de los tejidos del organismo en cuestión (Church *et al.*, 2004).

3.1.1.4 Vitaminas

Son un grupo de compuestos orgánicos, esenciales para el crecimiento y mantenimiento de la vida, esto al tener catalizadores metabólicos en las reacciones químicas (D'Abramo & New, 2000). Los requerimientos vitamínicos son influenciados por el tamaño del organismo, edad, tasa de crecimiento, condiciones ambientales y la relación entre los nutrientes (Akiyama *et al.*, 1991). Su aporte se realiza a través de los alimentos, ya que los organismos animales no son capaces de sintetizar este grupo de compuestos. La carencia total o parcial de un o más vitaminas conlleva a trastornos metabólicos, que se ven reflejados en el retraso del crecimiento, trastornos en la reproducción y diversas enfermedades (Mora, 2007).

3.1.1.5 Minerales

Son sustancias de origen inorgánico que juegan un papel importante en el funcionamiento y metabolismo del organismo, puesto que actúan como integrantes de compuestos orgánicos como las fosfoproteínas, fosfolípidos, hemoglobina, así como de algunas enzimas y hormonas (D'Abramo & New, 2000); también intervienen en la permeabilidad de la membrana celular, la presión osmótica y el equilibrio hídrico; forman parte de las estructuras esqueléticas y tejidos suaves del organismo; por último regular la contracción muscular y conservan el equilibrio ácido-base. La deficiencia de minerales en el organismo afecta las funciones metabólicas (García, 1997).

En este caso, las dietas para especies acuícolas deben contener los siguientes rangos de nutrientes: proteína de 20 - 50%, carbohidratos del 15 - 20%, lípidos del 10 - 25% y un máximo de fibra del 9% (Craig & Helfrich, 2009; Wouters *et al.*, 2000). Como es evidente, la parte proteica resalta por su importancia tanto en su aporte en el ciclo de cultivo de las especies así como en la cantidad presente en la mezcla alimenticia.

3.2 Harina de pescado y de soya

En la actualidad, la formulación de dietas y elaboración de alimentos para especies acuícolas hace empleo mayoritariamente de la harina de pescado para el suministro de la parte proteica, teniendo en segundo lugar la utilización de harina de soya (New & Wijkstroöm, 2002; Drew, 2007; FAO, 2014), esto debido a que estos ingredientes tienen alto valor biológico y buena palatabilidad (Civera *et al.*, 2010). En 2012, la FAO reportó una producción de harina de pescado a nivel mundial superior a los 15 millones de toneladas y estimó que, para el año 2020 la actividad acuícola demandará un 20% más de éste producto; lo cual sumado a la variación en la disponibilidad y aumento en los precios de compra de estos

ingredientes hace necesario el considerar la implementación de nuevas fuentes de proteínas, mismas que contribuyan al progreso de la actividad acuícola (IMF, 2010; FAO, 2014).

3.2.1 Sustitución de harinas

Ante esta situación es que, desde hace algunos años se ha contemplado e investigado el uso de fuentes de proteínas alternativas, como lo son las proteínas de origen vegetal como: harina de algodón, colza, maíz, sorgo, trigo, etc. Así como el empleo de organismos unicelulares como algas y levaduras (Canseco *et al.*, 2015). Sin embargo en algunos casos, como lo es en las proteínas de origen vegetal se manifiestan ciertos inconvenientes, puesto que presentan componentes anti nutricionales y una baja palatabilidad (Papatryphon & Soares, 2001; Ogunji & Wirth; Ogunji, 2004; Collins, 2014). Además de requerirse de grandes espacios de tierra, así como de recursos monetarios y naturales para su producción (Naylor *et al.*, 2009).

Durante la última década se ha estudiando el potencial de la utilización de varias especies de insectos para la formulación y elaboración de dietas para organismos acuícolas; dado que algunos de estos insectos forman parte de la dieta natural muchas de las especies explotadas en la actividad acuícola (Howe *et al.*, 2014; Whitley & Bollens, 2014). Además, diversos estudios han mostrado que los insectos poseen características nutricionales atractivas siendo ricos en proteínas de buena calidad, lípidos, vitaminas y minerales (Premalatha *et al.*, 2011; Veldkamp *et al.*, 2012; Belluco *et al.*, 2013; van Huis, 2013), esto sumado a aspectos como sus acelerados ciclos de vida, gran capacidad reproductiva, demandar poco espacio para su crecimiento y desarrollo, su capacidad de crecer en muchos sustratos incluidos residuos biológicos o alimenticios convirtiéndolos además en abonos de buena calidad, posicionan el uso de insectos como una gran alternativa en la alimentación animal (Nakagaki & Defoliart, 1991; Newton *et*

al., 2005; Blonk *et al.*, 2008; Diener *et al.*, 2009; Oonincx *et al.*, 2010; Sealey *et al.*, 2011; Nijdam *et al.*, 2012; Oonincx & de Boer, 2012; van Huis *et al.*, 2013).

3.3 Larva de mosca

La mosca doméstica (*Musca domestica*) es uno de los insectos que presenta un gran potencial para ser empelado en la alimentación animal, puesto que presenta un ciclo de vida corto (figura 1) que puede ir de 25 a 40 días, a lo largo de los cuales es su periodo reproductivo la hembra es capaz de poner hasta 800 huevos repartidos en puestas promedio de 120 huevos, los cuales tienen la capacidad de crecer y desarrollarse en diferentes sustratos (Iqbal *et al.*, 2014; Sanchez-Arroyo & Capinera, 2014) y convertirse en larvas que reportan entre 30 y 50 % de proteína (Adewolu *et al.*, 2010; Adesina *et al.*, 2011; Portillo *et al.*, 2013).

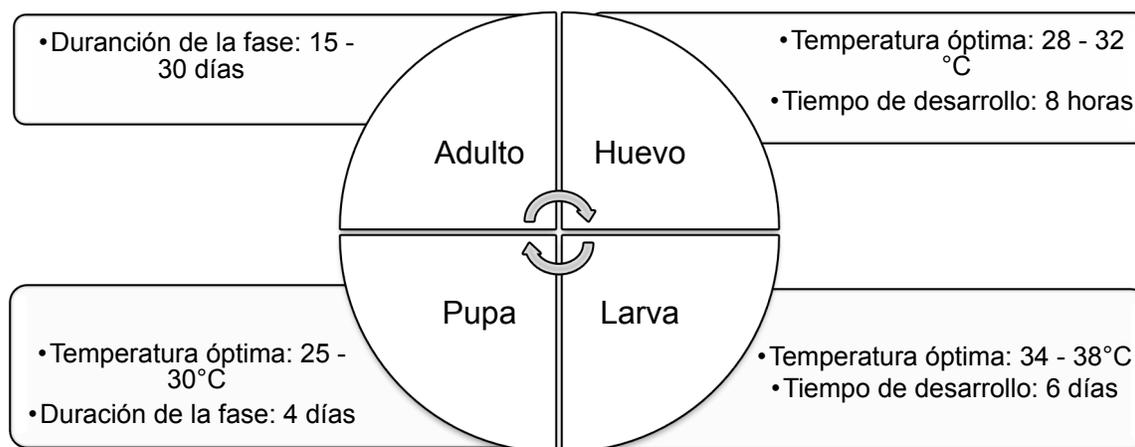


Figura 1. Fases del ciclo de vida de la mosca domestica y duración de las mismas (Iqbal *et al.*, 2014; Sánchez-Arroyo & Capinera, 2014)

Igualmente se han realizado trabajos donde se expone que los aminoácidos presentes en la larvas de mosca doméstica se encuentran en cantidades similares a las presentes en la harina de pescado y la harina de soya como se observa en la tabla 1.

Tabla 1. Aminoácidos en harina de larva de mosca y su comparación con otras fuentes proteicas.

Aminoácido	Harina de pescado (%) Ogunji & Wirth, 2001; FAO, 2012	Harina de soya (%) Zuidhof <i>et al.</i> , 2003	Harina de larva de mosca (%) Zuidhof <i>et al.</i> , 2003
Arginina	3.99	3.14	2.87
Fenilalanina	2.54	2.16	3.09
Glicina + Serina	6.94	4.19	4.80
Histidina	1.51	1.17	2.12
Isoleucina	2.80	1.96	2.21
Leucina	4.77	3.39	3.53
Lisina	4.97	2.69	3.87
Metionina	1.93	0.68	1.48
Tirosina	2.05	1.91	3.56
Treonina	2.46	1.72	2.37
Triptófano	0.74	0.74	0.85
Valina	3.26	2.07	2.90

3.3.1 Empleo de larva de mosca en dietas acuícolas

En lo que respecta al aprovechamiento y empleo de larvas de mosca en dietas para consumo de especies acuícolas se han realizado estudios sobre su inclusión en algunas especies, tales como:

Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Se ha reportando un crecimiento aceptable con una inclusión de larva de mosca en un 25% de la dieta (Ebenso & Udo, 2003; Ogunji *et al.*, 2008b); sin embargo la ganancia en peso se localizaba por debajo de la generada con las dietas y alimentos comerciales a base de harina de pescado, además de que se carece de algunos ácidos grasos (Ogunji *et al.*, 2007; Ogunji *et al.*, 2008c).

Bagre (*Clarias anguillaris*). Donde los resultados sugieren que una incorporación de entre el 25 - 30% de larva genera un crecimiento estadísticamente similar al que se alcanza con las dietas a base de harina de

pescado (Fasakin *et al.*, 2003; Madu & Ufidike, 2003; Sogbesan *et al.*, 2006; Aniebo *et al.*, 2009; Adewolu *et al.*, 2010; Ossey *et al.*, 2012).

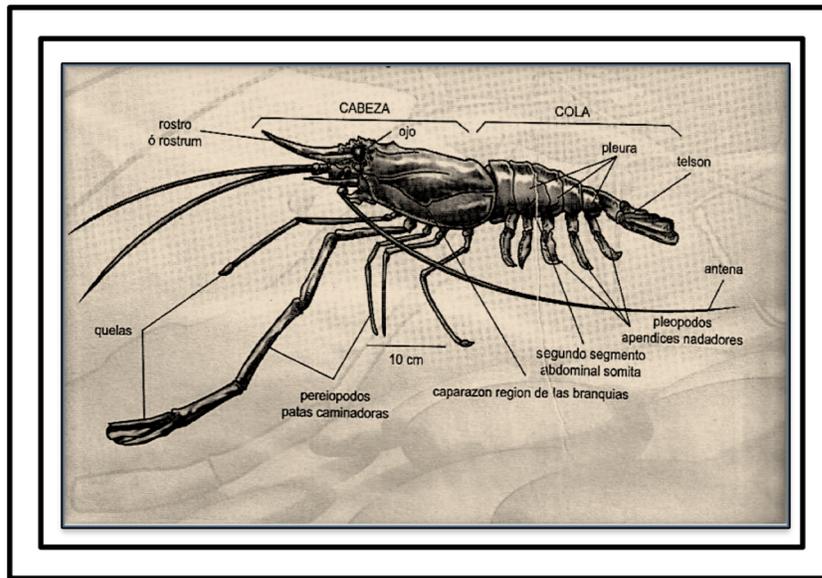
Camarón (*Litopenaeus vannamei*). Se obtuvo que, una sustitución de harina de pescado por harina de larva puede ser efectiva si no excede el 60% de reemplazo, teniéndose que un porcentaje mayor a este no es recomendado ya que provoca una disminución en la tasa de crecimiento (Cao *et al.*, 2012a,b).

Camarón chino (*Fennero penaeus chinensis*). Los resultados reportados muestran efectos positivos, indicando que la inclusión del 38% de harina de larva en la alimentación de *Fennero penaeus chinensis* genera un aumento en la tasa de crecimiento (Wei *et al.*, 2010a,b).

4.1 *Macrobrachium sp.*

Los langostinos del género *Macrobrachium*, también conocidos como camarones de río o de agua dulce, y comprenden un grupo de más de 200 especies distribuidas en las bandas tropicales y subtropicales del mundo (Grave *et al.*, 2009), principalmente en Asia donde se presenta su mayor diversidad, aunque en América también tienen un importante número de especies, algunas de ellas endémicas (Murphy & Austin, 2005).

Los animales del género *Macrobrachium* (figura 2) poseen un rostro bien desarrollado, caparazón con espina hepática y antenal; ojos pedunculados y con córneas negras; mandíbulas con palpos triarticulados; los dos primeros pares de apéndices torácicos son quelados y el segundo es usualmente largo en los machos adultos; los tres apéndices posteriores presentan dactilos sencillos; el primer par de pleópodos del macho carece de apéndice interno y en el segundo, se aprecia el apéndice masculino; dos pares de espinas en la parte dorsal del telson y otros dos en el margen posterior (Acuña, 2002).



Reino: Animalia
 Filo: Artrópoda
 Subfilo: Crustacea
 Clase:
 Malacostrácea
 Orden: Decápoda
 Familia:
 Palaemonidae
 Género:
Macrobrachium

Figura 2. Morfología del género *Macrobrachium*.

Los langostinos habitan en ríos litorales de aguas claras con corriente fuerte y en ríos caudalosos de aguas turbias y de corriente intensa (Mandujano, 2012) Viven entre las piedras o raíces sumergidas de los árboles, en agujeros excavados en el lodo o en general en lugares protegidos (Holtschmit, 1990). Son organismos de hábitos nocturnos, durante el día permanecen ocultos, para durante la noche salir en busca de alimento o para realizar migraciones hacia lugares más confortables (Mandujano, 2012). Se alimentan de plantas, raíces, peces pequeños, moluscos, gusanos e incluso algunos pueden salir del agua para capturar algo que se encuentre cerca de la orilla (Holtschmit, 1990).

4.1.1 Ciclo de vida

El ciclo de vida de las especies de *Macrobrachium* comienza con el apareamiento, el cual se lleva acabo unas horas después que la hembra ha realizado la muda predesove. (Mandujano, 2012). El macho deposita esperma en la base de las patas de la hembra; inmediatamente después ésta ovoposita y la

fecundación de los huevos se efectúa al contacto con el esperma. Los huevos se fijan en las cerdas de los pleópodos de la hembra y su incubación se efectúa en aproximadamente 19 días a temperatura de 26 a 28°C. (Espinosa, 1987), después del apareamiento el macho permanece un tiempo cerca de la hembra para brindarle protección hasta que el exoesqueleto de la hembra vuelve a endurecerse (Mandujano, 2012).

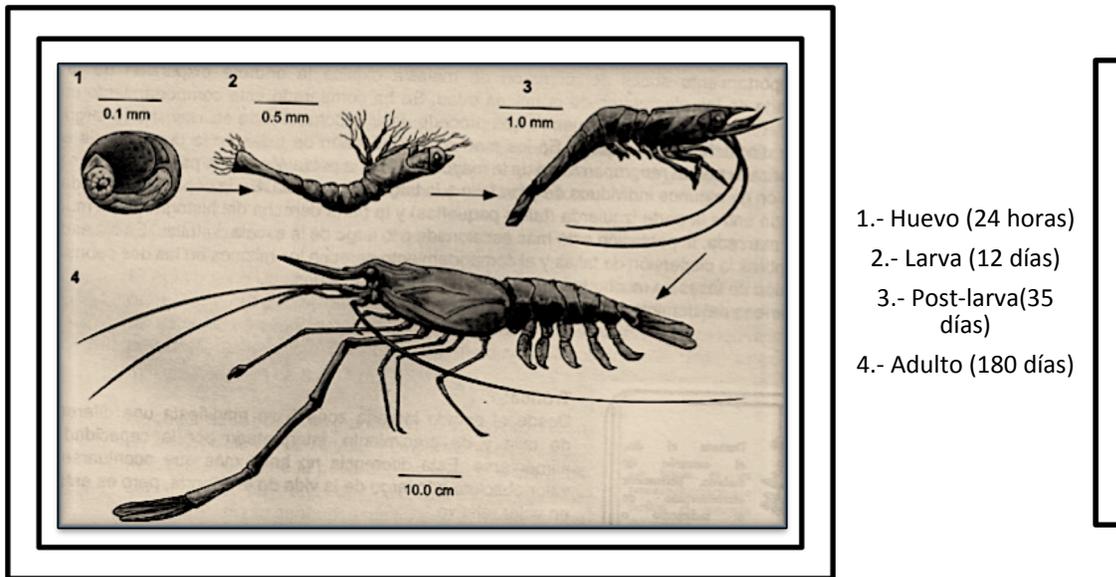


Figura 3. Ciclo de vida de *Macrobrachium*.

Las hembras migran hacia regiones de aguas salobres donde los huevos eclosionan (Espinosa, 1987). Una hembra de unos 200 gramos puede llegar a producir 250,000 huevos mismos que casi en su totalidad llegan a larva, pero se estima que cerca del 50% mueren antes de llegar a la etapa de juveniles y adultos (Valverde, 2006). Posterior a la eclosión, las larvas se mantienen en ambientes de aguas salobres de entre 8 a 20 ppm, tan pronto como los langostinos cambian de larva al estado juvenil se trasladan al fondo del río, y comienzan su migración río arriba puesto que en esa etapa ya toleren y crecen bien en ambientes de agua dulce lugar donde permanecen hasta llegar a la madurez sexual, la cual es alcanzada a los 6 meses de edad (Espinosa, 1987) figura 3.

Aunado a la mortandad presente en la etapa larval, los periodos de muda son otro de los momentos críticos para la mortandad de los langostinos, ya que al desprenderse de su caparazón queda expuesto a los ataques de depredadores o mismos congéneres. Igualmente una mala alimentación causa que el periodo de muda no se realice correctamente ocasionando el descenso del organismo (Mandujano, 2012).

4.1.2 Importancia ecológica

En los ecosistemas donde habitan los langostinos son considerados como un elemento importante de su comunidad y de las tramas tróficas (Mandujano, 2012); dados sus hábitos alimenticios y el sitio donde radican en la base de la columna de agua, los langostinos representan un componente importante en los procesos de recirculación de energía y nutrientes del sistema bentónico (March & Pringle, 2003).

Estos crustáceos participan activamente en el proceso de bioturbación, donde el sustrato del fondo es removido y modificado. Esto significa la revitalización del fondo y la modulación de la permeabilidad de los elementos químicos involucrados en los procesos biogeoquímicos. Por lo tanto, la ausencia de este tipo de organismos, podría llevar a escenarios de perturbación e inestabilidad del bentos, una vez que la acumulación de materia orgánica y otros materiales puede causar condiciones anóxicas y altos niveles de amonio (Covich *et al.*, 1999).

4.1.3 Importancia económica

Algunas de las especies de *Macrobrachium* tienen un alto valor económico sobre la base de su sabor, alto contenido de proteína y atractivo visual, siendo un producto bien cotizado como alimento para consumo humano (Kent,

1995). De acuerdo a la FAO, desde 1980 la producción mundial de langostinos de agua dulce vía acuicultura se ha ido incrementando constantemente, estimándose en la actualidad en aproximadamente 460.000 ton por año de las cuales casi la mitad corresponden a *M. rosenbergii*, proveniente de Asia (New, 2009). La otra mitad, que proviene de la pesca, menos del 20% corresponde a América Latina con producción o pesca principalmente de especies nativas de gran tamaño y con demanda en el mercado (New, 2009).

4.1.4 Importancia del cultivo de *Macrobrachium*

El aumento a nivel mundial del consumo de crustáceos ha provocado la alza en la demanda de estos productos la cual ha sido atacada con una mayor intensidad en la actividad pesquera y con la incipiente producción de las granjas acuícolas. Para hacer frente a esta demanda se requiere del incremento de este tipo de cultivos para lo cual es necesario realizar investigaciones que permitan potencializarlos de manera positiva, estos cultivos no solo traen beneficios ecológicos al disminuir el consumo silvestre de especies sino que conllevan nuevas oportunidades en el ámbito socioeconómico (Mandujano, 2012).

4.1.5 Alimentación de *Macrobrachium*

Los organismos del género *Macrobrachium* poseen una alimentación omnívora, en su ambiente natural satisfacen sus requerimientos nutricionales de varias fuentes alimenticias, entre las cuales destacan los insectos, peces, moluscos, crustáceos, plancton, materia vegetal y detritus orgánicos (Crococ & coman, 1997); si la comida disponible no es suficiente los langostinos jóvenes y adultos pueden recurrir a la carroña o inclusive al canibalismo (Mandujano, 2012). Detectan el alimento principalmente por el olfato moviendo las anténulas continuamente para de esta forma ir orientando su movimiento de acuerdo a la información diferencial que recibe en cada una. Ya cerca el alimento, el tacto y el

gusto juegan un papel importante, si no se tiene la textura o el sabor apropiado el alimento es rechazado, en caso contrario, las quelas se lo pasan a los maxilípedos que los sujetan firmemente y empiezan a desgarrarlo con las mandíbulas (Holtschmit, 1990).

4.1.6 Investigaciones sobre la alimentación de *Macrobrachium*.

En investigaciones realizadas sobre la alimentación de individuos de el género *Macrobrachium* se ha encontrado que existen diez aminoácidos esenciales para su crecimiento, los cuales deben estar presentes en su dieta en la cantidades expuestas en la tabla 2 (D`Abramo & Sheen, 1996; Kanazawa, 2000).

La harina de pescado es la fuente de proteína más comúnmente utilizada en la preparación de dietas y constituye el ingrediente de mayor utilización con alimento, su nivel de inclusión en las dietas comerciales varia de 10 a 50%. La mayoría de los alimentos fabricados para estas especies marinas contienen alrededor de 40 a 50% de proteína, cuya cantidad es mayor a la requerida para los langostinos, pues estos son capaces de desarrollarse bajo dietas con un nivel proteico de 25 a 35% (Lee & Wickins, 1997; New, 2002).

Tabla 2. Aminoácidos esenciales del género *Macrobrachium*.

Aminoácido	Cantidad requerida (%)	Aminoácido	Cantidad requerida (%)
Arginina	10.9	Lisina	9.1
Fenilalanina	3.0	Metionina	3.4
Histidina	2.4	Treonina	3.9
Isoleucina	3.8	Triptófano	1.1
Leucina	7.8	Valina	3.8

De igual manera se ha encontrado que los niveles de lípidos en la formulación de alimentos para estos organismos se encuentra en el rango de 6 a

7.5% con un nivel máximo de 10% (Chen, 1993) puesto que cantidades mayores causan daños metabólicos; misma situación que se presenta con cantidades elevadas de carbohidratos (Lee & Wickins, 1997). Por tal motivo, la dieta para los langostinos debe de contener los nutrientes esenciales y en las proporciones correctas, además de contar con buena aceptabilidad, alta digestibilidad y asimilación (Teshima *et al.*, 2000), todo esto para propiciar un buen crecimiento, desarrollo y posterior reproducción (Wouters, 2001).

4. HIPOTESIS Y OBJETIVOS

Hipótesis

La composición nutricional de la harina de larva de mosca doméstica permite su incorporación como ingrediente proteico en sustitución de la harina de pescado en la formulación de una dieta para juveniles de *Macrobrachium sp.* sin afectar negativamente su crecimiento en condiciones de cultivo

Objetivo general

- Establecer una dieta con base en la harina de larva de mosca para su suministro en juveniles de *Macrobrachium sp.*

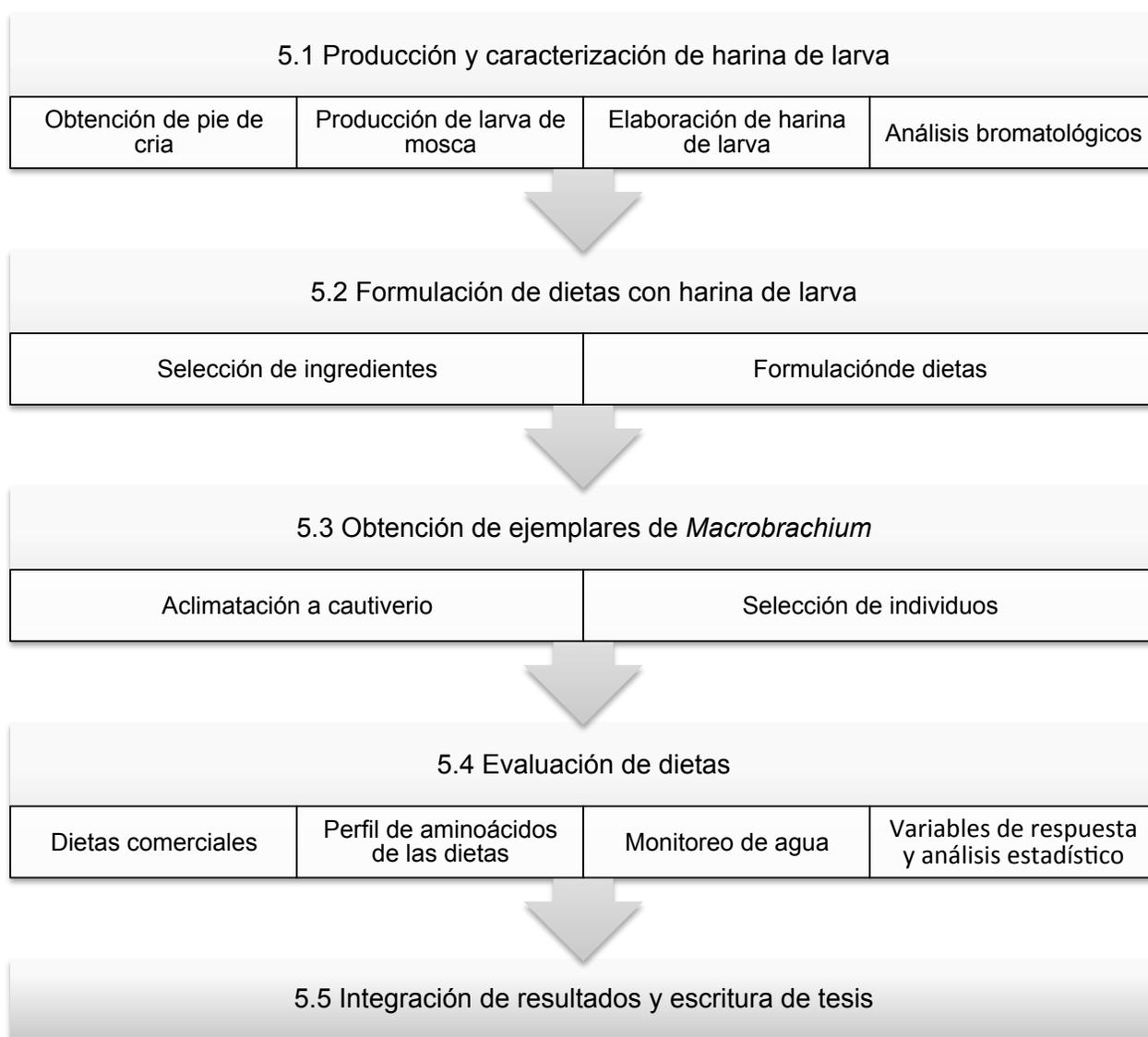
Objetivos específicos

- Producir y caracterizar la harina de larva de mosca.
- Formular dietas con variaciones en la composición nutricional en base a la harina de larva de mosca.
- Obtener ejemplares de *Macrobrachium sp* en inicio de etapa juvenil.
- Evaluar las dietas formuladas frente a dietas comerciales en función de la respuesta de crecimiento de los juveniles de *Macrobrachium sp.*

5 METODOLOGÍA

El presente trabajo se llevó a cabo dentro de las instalaciones de la unidad acuícola a cargo del Laboratorio de Bioingeniería del Campus Amazcala de la Universidad Autónoma de Querétaro en el municipio de El Marqués; la tabla 3 resume los pasos a seguir para el desarrollo de la presente investigación.

Tabla 3. Esquema de la metodología del trabajo experimental.



5.1 Producción y caracterización de harina de larva

Obtención de pie de cría

Para la captura de moscas adultas que fungieran como pie de cría, se emplearon trampas (figura 4) las cuales contenían salvado de trigo fermentado como sustrato de alimentación y depósito de huevo una vez realizada la reproducción; posterior al depósito de huevo estos fueron incubados durante un periodo de 5 días a una temperatura promedio de 30°C.

Las moscas obtenidas de esta primera incubación (primera generación) fueron llevadas nuevamente a reproducción, este paso fue reiterado durante las siguientes cuatro generaciones con el fin de obtener moscas adultas libre de patógenos para iniciar la producción de larva de mosca.

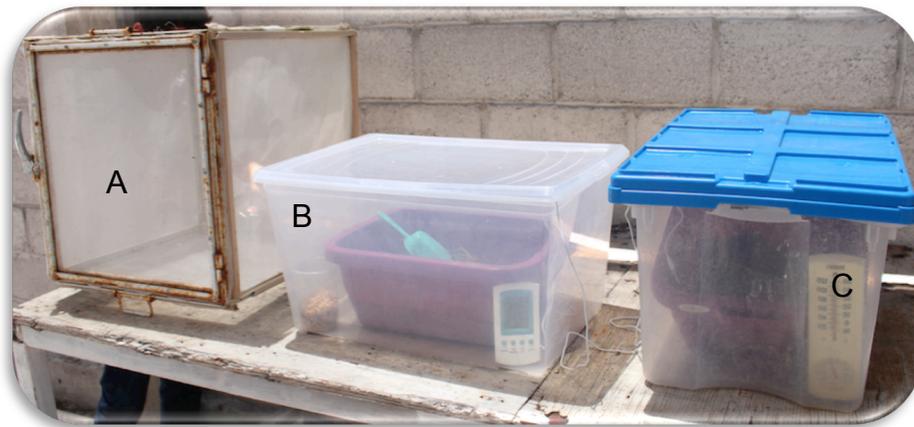


Figura 4. A) Trampa para captura, alimentación, ovoposición y emergencia de mosca. B) Incubación de huevo C) crecimiento de larva

Producción de larva

Para la instalación de la unidad de producción de larva se destinó un área de 4.60 x 3.60 metros, en la cual se colocó una estructura tipo invernadero de 2.30

metros de altura, la cual fue forrada con plástico de 25% de opacidad y con malla sombra del 35%. Al interior de la unidad se contó con la distribución de cuatro espacios en los cuales se llevaron a cabo los diferentes pasos requeridos para la generación de la larva (tabla 4). La unidad de producción se mantuvo en funcionamiento durante un periodo de 15 semanas, las mismas en las que se realizó monitoreo en el comportamiento de la temperatura dentro de cada una de las zonas que conformaron la unidad de producción; puesto que de acuerdo a lo reportado el mantener una temperatura con la menor variación posible contribuiría a una producción óptima de larva de mosca (Iqbal *et al.*, 2014; Sanchez-Arroyo & Capinera, 2014).

Tabla 4. Distribución interior del área de producción de larva de mosca.

Zona	Descripción
I.- Preparación de sustrato	Este sustrato fue empleado con el propósito de fungir como alimento para las moscas y a su vez como sitio de ovoposición; se evaluaron 3 tipos de sustratos (salvado de trigo, gallinaza y una mezcla 1:1 de los anteriores) con el fin de encontrar aquel que pudiera brindar un mayor tamaño y peso de las larvas así como un menor tiempo de crecimiento.
II. Vuelo y ovoposición	En esta área se albergaron los ejemplares adultos de la mosca, en este espacio fueron introducidos varios platos plásticos que contenían una cama de 200 g de sustrato c/u, esta actividad se realizó diariamente al igual que la recolección de huevo el cual era colocado en tinas plásticas con más sustrato para ser ubicadas en la zona de incubación.
III. Incubación y crecimiento	Los huevos recolectados eran abastecidos de sustrato durante un lapso de 5 a 6 días hasta alcanzar el tamaño requerido (≈ 8 mm de longitud).
IV. Separación y recolección	La separación se realizó haciendo uso del fototropismo negativo que presenta la larva de mosca, (desplazamiento en dirección opuesta a la luz) esta fue expuesta a la luz solar y cribada mediante el empleo de cajones con tamices de 4 mm. Posteriormente las larvas colectadas eran almacenadas en tinas para su posterior procesamiento.

Elaboración de harina de larva de mosca

Para este paso las larvas recolectadas del proceso de producción eran sacrificadas mediante congelamiento a -10°C durante 24 horas, posteriormente fueron secadas empleando un deshidratador eléctrico a 65°C durante 24 horas

(Pieterse & Pretorius, 2014); finalmente fueron molidas con el fin de obtener una presentación de harina de la cual se tomaron muestras para su análisis bromatológico (figura 5).



Figura 5. Procesamiento de larva para la obtención de la harina

Análisis bromatológicos

Estos fueron realizados en el Laboratorio de Bioingeniería del Campus Amazcala de la Universidad Autónoma de Querétaro, de acuerdo a lo expuesto en el manual de técnicas para laboratorio de nutrición de peces y crustáceos de Novoa-Olvera *et al.* para la FAO en 1993.

5.2 Formulación de dietas con harina de larva

Selección de ingredientes

Para realizar la formulación de dietas se optó por emplear ingredientes actualmente utilizados en la alimentación acuícola, generando un cambio en el uso de harina de pescado la cual fue sustituida por la harina de larva de mosca y como complemento se empleo harina de soya. Por su parte, como suministro de

carbohidratos se eligió emplear harina de trigo. Para el suministro de lípidos se utilizó el aceite de pescado debido a su buena palatabilidad y atractibilidad así como lecitina de soya como complemento. Los ingredientes seleccionados fueron analizados en su composición bromatológica en base a las mismas técnicas de análisis empleadas para la harina de larva.

Formulación de dietas

Las dietas se formularon atendiendo a los datos obtenidos de los análisis bromatológicos de los ingredientes, a fin de cumplir con los requerimientos establecidos en cada una de las dietas, las cuales se encuentran enunciadas en la tabla 5. Posteriormente, se realizaron análisis bromatológicos a cada una de las dietas diseñadas a fin de verificar que cumplieran con las especificaciones establecidas durante la formulación.

Tabla 5. Composición e ingredientes de las dietas formuladas

Componentes	Dietas formuladas (experimentales)		
	I	II	III
Proteína (%)	25	30	35
Carbohidratos (%)	43	38	33
Lípidos (%)	11	9	7
Fibra (%)	13	14	15
Ceniza (%)	8	9	10
Ingredientes	% de Inclusión		
Harina de larva de mosca	41	50	60
Harina de soya	11	18	25
Harina de trigo	40	27	12
Aceite de pescado	0.04	0.025	0.015
Lecitina de soya	0.04	0.025	0.015

5.3 Obtención de ejemplares de *Macrobrachium*

Los organismos fueron obtenidos de la granja Acuícola S.A. en la ciudad de Manzanillo, Colima, posteriormente fueron trasladados a las instalaciones del Campus Amazcala.

Aclimatación a cautiverio

Para permitir la aclimatación de los organismos estos fueron mantenidos durante cinco días en estanques de 300 L con una temperatura de 22 – 28°C y oxígeno disuelto de 7 ppm, durante este periodo se realizó limpieza de los estanques así como recambios del 30% de agua diariamente; los organismos fueron alimentando con una mezcla comercial con 30% de proteína a una razón del 10% de la biomasa.

Selección de individuos

La selección de individuos se realizó atendiendo las necesidades de las pruebas a efectuar, para lo cual se realizaron biometrías para conocer las tallas y pesos de los animales. Tomándose de inicio lo organismos con las menores biomasa; una vez seleccionados los organismos fueron colocados en los recipientes donde se realizarían las pruebas experimentales a modo de brindarles un segundo periodo de aclimatación en los recipientes con las condiciones experimentales.

5.4 Evaluación de dietas

Para probar la hipótesis de la viabilidad de incorporación de la harina de larva de mosca en una dieta para juveniles de *Macrobrachium sp* y estimar su efecto correspondiente frente a las dietas a base de harina de pescado se utilizó el

análisis de varianza con un modelo de bloques al azar, con 6 tratamientos (3 dietas experimentales y 3 dietas comerciales) y tres repeticiones (figura 6); donde la unidad experimental fue de 12 individuos.

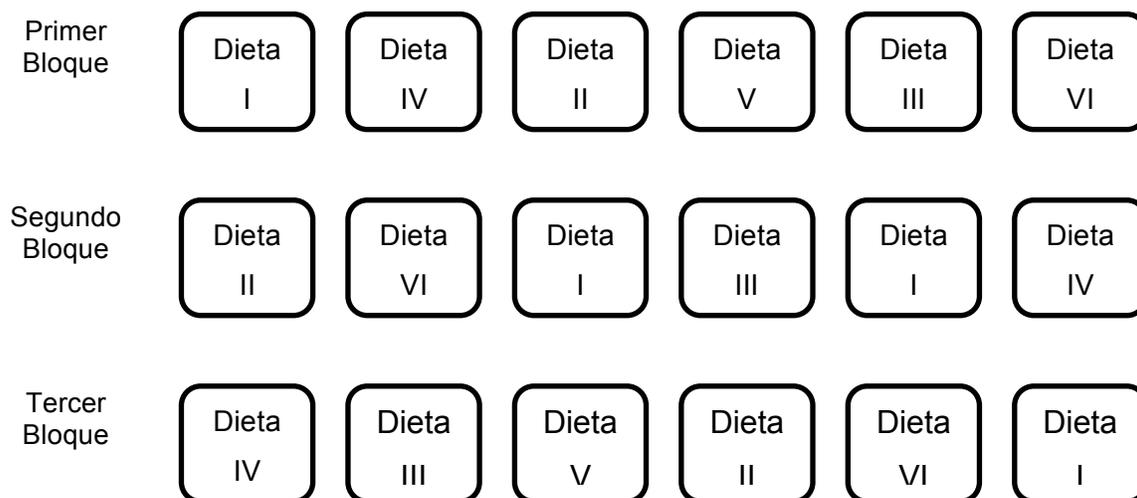


Figura 6. Esquema general del bioensayo.

Dieta I, II y III (experimentales) a base de larva con 25, 30 y 35% de proteína respectivamente
Dieta IV, V y VI comerciales 25, 30 y 35% de proteína respectivamente

Se trabajó con 216 ejemplares de *Macrobrachium sp.* los cuales fueron repartidos en 18 estanques de 1.5 x 1 x 0.5 metros, con una densidad de siembra de 8 animales/m² (Vega-Villasante *et al.*, 2011), con un peso y longitud inicial de 0.000 ± 0.00g y 0.00 ± 0.00mm respectivamente. Los tratamientos fueron suministrados durante un periodo de 120 días; la cantidad de alimento se dividió en dos porciones, una se brindó en el horario de 20:00 horas a razón 3.5% de la biomasa de los organismos y la segunda fue del 1.5% a las 07:00 horas (Luna *et al.*, 2007; Vega-Villasante *et al.*, 2011).

Anexo a lo expuesto en el párrafo anterior, se tomaron otros 18 organismos para ser divididos en peceras de 0.5 x 0.2 x 0.3 metros y ser empleados en una evaluación de manera individual, se manejó el mismo periodo de prueba así como la forma y cantidad de suministro de las dietas.

Dietas comerciales

Como dietas comerciales se emplearon tres versiones que constaron de una composición semejante a las dietas experimentales, las características nutricionales de las dietas comerciales se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Composición de las dietas comerciales.

Componente	Dietas comerciales (controles)		
	IV	V	VI
Proteína (%)	25	30	35
Carbohidratos (%)	43	40	37
Lípidos (%)	9	8	7
Fibra (%)	6	7	8
Ceniza (%)	17	15	13

Perfil de aminoácidos

El perfil de aminoácidos de las dietas experimentales se determinó de acuerdo a los valores teóricos de aminoácidos ya reportados para los ingredientes empleados en cada dieta.

Monitoreo de agua

El agua presente en los estanques y peceras fue objeto de monitoreo y control en sus factores físico-químicos de temperatura, oxígeno disuelto y las concentraciones de compuestos nitrogenados. Los valores de calidad de agua en el cultivo de *Macrobrachium* se muestran en la tabla 7 (New, 2002; Ponce-Palafox, 2002; Valverde-Moya, 2006), para mantener el agua dentro de los márgenes registrados se realizó renovación diaria del 5% (Sipaúba-Tavares *et al.*, 2008).

El monitoreo de la características físico-químicas se realizó haciendo empleo del equipo Hach HQ40d para los factores de temperatura, oxígeno disuelto y pH; por su parte los compuestos nitrogenados fueron determinados mediante el espectrofotómetro DR6000 de la marca Hach a través del método 8039 para nitratos, 8057 para nitritos y 8038 para el caso del amonio.

Tabla 7. Condiciones fisicoquímicas para el cultivo de langostino.

Factor	Valores	
	Mínimo	Máximo
Temperatura (°C)	22	32
Oxígeno (ppm)	4	7
pH	7	8.5
Nitritos (mg/l)	< 10	
Nitratos (mg/l)	< 2	
Amonio (mg/l)	< 0.5	

Variables de respuesta

Para la evaluación de los tratamientos (dietas experimentales y comerciales) se consideraron como variables de respuesta: la tasa de sobrevivencia, tasa de crecimiento, factor de conversión alimenticia así como la eficiencia proteica.

$$a) \text{ Tasa de sobrevivencia: } TS (\%) = \frac{\text{Número final de animales}}{\text{Número inicial de animales}} \times 100 \quad (1)$$

$$b) \text{ Tasa de crecimiento } TC (g) = P_f - P_i \quad (2)$$

P_f es el peso final

P_i es el peso inicial

$$c) \text{ Factor de conversión alimenticio FCA}$$

FCA= gramos de alimento consumido /gramos de incremento en biomasa (3)

d) Tasa de eficiencia proteica TEP

TEP= gramos de incremento de biomasa/gramos de proteína ingerida (4)

Análisis estadístico

Para determinar la existencia de diferencia significativa entre los tratamientos los datos recopilados para cada una de las variables de respuesta fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) y a la prueba de Tukey, ambos con un 95% de confianza. A partir de dicho análisis se determinó la dieta a base de harina de larva apropiada para su empleo en el cultivo de juveniles de *Macrobrachium sp.*

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Producción y caracterización de harina de larva

Producción de larva

Para la evaluación de los sustratos se consideraron como variables de respuesta el peso, tamaño y tiempo de crecimiento de las larvas de mosca, los datos obtenidos se encuentran enunciados en la tabla 8; a partir de los cuales se optó por emplear el salvado de trigo como medio de cultivo para la producción de las larvas.

Tabla 8. Variables de respuesta para la evaluación de sustratos empleados como medio de cultivo

Sustrato	Peso (mg)	Longitud (mm)	Tiempo (días)
Salvado de trigo	25.8 ± 0.2 ^a	8.1 ^a	5 ^a
Salvado/gallinaza	19.1 ± 0.3 ^b	7.6 ^{ab}	6 ^b
Gallinaza	14.6 ± 0.3 ^c	7.2 ^b	6 ^b

Los valores con distintos superíndices presentan diferencias significativas (P <0.05).

Durante el tiempo de funcionamiento de la unidad de producción se obtuvo un total de 79.7 kg, observándose que los mayores picos de producción fueron obtenidos cuando la temperatura al interior de la unidad se ubicó por encima de los 30.5°C (figura 7). Lo cual se ajusta con lo reportado por Sánchez-Arroyo & Capinera en 2014 quienes enuncian que la temperatura promedio para el ciclo biológico de la mosca domestica es de 32°C.

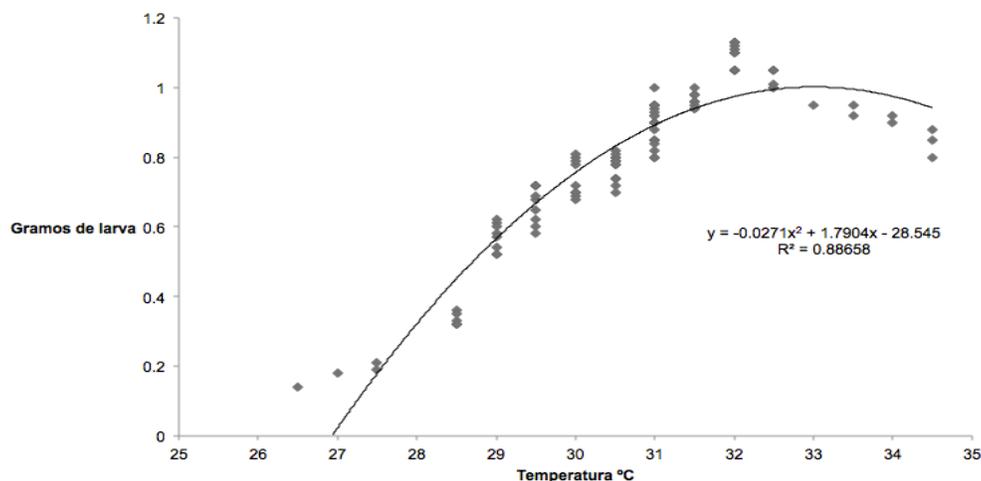


Figura 7. Producción de larva de mosca a lo largo del periodo de trabajo y su relación con la temperatura.

Elaboración de la harina de larva de mosca

Una vez que se procedió al sacrificio, secado y molienda de las larvas de mosca se llegó a la generación total de 17.14 kg de harina a partir de los 293kg de medio de cultivo, teniéndose con ello el 5.85% de rendimiento final; esta cantidad se ubica sobre el 4% de rendimiento reportado por De la Parra *et al.* en 2001 y el 4.32% por parte de Villamil en 2004, discrepancia que puede ser atribuida al hecho de que en este trabajo se mantuvo cierto control sobre la temperatura dentro de la unidad de producción; sin embargo el mejorar dicha unidad con un mayor control medioambiental permitiría elevar la producción y disminuir los tiempos de la misma.

Análisis bromatológico de la harina de larva

Los resultados de los análisis bromatológicos realizados a la harina de larva se muestran en la tabla 9, donde se recalca el valor del contenido proteico, en base a los cuales se realizaron las formulaciones para las tres dietas experimentales.

Tabla 9. Análisis bromatológicos de la harina de larva.

	Deshidratado eléctrico Composición %
Humedad	9.95
Materia seca	90.05
Proteína	34.72
Grasa	7.85
Carbohidratos	32.36
Fibra	14.53
Cenizas	10.54

El 34.72% de contenido proteico obtenido en este trabajo se posicionó ligeramente por encima del 28.63% conseguido en 2008 por Ogunji J. O. *et al.*; a su vez se ubicaron cercanos al 37.5% logrado por Ogunji J. O. *et al.*, 2006 y Ogunji J. O. *et al.*, 2007; sin embargo se colocaron por debajo del rango del 43.3 – 64% reportado en diversos trabajos realizados entre los años 1999 y 2015 sobre la inclusión de la larva de mosca en dietas de algunas especies de aves con interés comercial así como de organismos (Pro A. *et al.*, 1999; Fasakin *et al.*, 2003; Zuidhof M. J. *et al.*, 2003; Aniebo *et al.*, 2009; Hwangbo J. *et al.*, 2009; Ogunji J. O. *et al.*, 2011; Pieterse E. & Pretorius 2014; Ezewudo B. I. *et al.*, 2015).

El aparente bajo porcentaje proteico para larva producida en este trabajo puede ser atribuido al tipo de sustrato empleado, siendo que, en los trabajos cuyos porcentajes superan el 40% de proteína en larva el sustrato empleado fue preparado en base a algún estiércol animal, esto concuerda con lo reportado en 2007 por Larraín & Salas quienes concluyen que el empleo de estiércol de cerdo, gallina y becerro promueven una mayor ganancia de peso y aumento en talla para la larva de mosca domestica lo cual repercute de manera directa en su composición nutricional.

De esto surge la necesidad de desarrollar una dieta especifica para la producción de larva de mosca, a manera de potencializar las características

proteicas presentes en estos organismos, logrando con ello obtener un mayor beneficio en su inclusión como ingrediente en la elaboración de dietas para especies acuícolas.

6.2 Formulación de dietas

La composición nutricional de las dietas formuladas en base a los perfiles previamente determinados a la harina de larva obtenida así como los ingredientes que las componen y su porcentaje de inclusión en cada una de ellas se presentan en la tabla 10.

Tabla 10. Composición nutricional de las dietas experimentales

Composición (%)	Dietas formuladas		
	I (25% de Proteína)	II (30 % de Proteína)	III (35% de Proteína)
Proteína	24.72	29.45	34.48
Lípidos	10.27	8.51	7.54
Carbohidratos	47.09	43.03	37.96
Fibra	10.84	11.03	11.37
Cenizas	7.08	7.98	9.43
Ingredientes (%)			
Harina de Larva de mosca	41	50	60
Harina de soya	11	18	25
Harina de trigo	40	27	12
Aceite de pescado	4	2.5	1.5
Lecitina de soya	4	2.5	1.5

6.3 Suministro y evaluación de dietas

Perfil de aminoácidos

Los resultados del perfil de aminoácidos para cada una de las dietas empleadas en el presente trabajo se muestran en la tabla 11.

Tabla 11. Comparativo de la concentración de aminoácidos por dieta evaluada

Aminoácido (%)	Dietas formuladas			Dietas comerciales			Aminoácidos esenciales para <i>Macrobrachium</i>
	I (25% de proteína)	II (30% de proteína)	III (35% de proteína)	IV (25% de proteína)	V (30% de proteína)	VI (35% de proteína)	
Alanina	1.62	1.98	2.37	1.95	2.39	2.85	
Ác. Aspártico	1.80	2.29	2.81	1.51	1.94	2.39	
Ác. Glutámico	4.25	4.78	5.31	3.25	3.57	3.85	
Arginina	1.93	2.41	2.92	1.73	2.16	2.62	10.9
Cistina	0.30	0.34	0.38	1.21	1.45	1.71	
Fenilalanina	1.59	1.91	2.26	1.42	1.72	2.02	3.0
Glicina	1.30	1.56	1.85	2.30	2.79	3.32	
Histidina	1.00	1.22	1.46	0.80	0.98	1.16	2.4
Isoleucina	1.06	1.29	1.53	1.53	1.86	2.22	3.8
Leucina	1.73	2.08	2.44	2.56	3.09	3.66	7.8
Lisina	1.84	2.31	2.82	2.39	2.98	3.61	9.1
Metionina	0.76	0.92	1.09	0.91	1.10	1.31	3.4
Prolina	1.57	1.74	1.92	1.15	1.24	1.31	
Serina	1.56	1.88	2.22	1.55	1.87	2.21	
Tirosina	1.32	1.60	1.91	1.10	1.34	1.60	
Treonina	1.10	1.35	1.61	1.42	1.74	2.08	3.9
Triptófano	0.90	1.09	1.31	0.39	0.48	0.57	1.1
Valina	1.39	1.69	2.00	1.77	2.15	2.55	3.8

Monitoreo de agua

El comportamiento que presentó el agua durante los 90 días de trabajo se muestra en la tabla 12, las características físico-químicas del agua monitoreadas se mantuvieron dentro de los márgenes de tolerancia reportados para el cultivo de individuos del género *Macrobrachium* (New, 2002; Ponce-Palafox, 2002; Valverde-

Moya, 2006); lo cual sugiere que el comportamiento del recurso hídrico se puede descartar como un factor que pudiera interferir en la evaluación de las dietas ya que este no afecta el crecimiento de los organismos presentes en este trabajo.

Tabla 12. Condiciones fisicoquímicas del agua a lo largo del periodo experimental.

	Comportamiento del agua			Valores de cultivo (New, 2002; Ponce-Palafox, 2002; Valverde-Moya, 2006)
	Valores registrados			
	1er Bloque	2do Bloque	3er Bloque	
Temperatura (°C)	26.4 ± 3.6	25.8 ± 3.2	25.3 ± 3.5	22 - 32
Oxígeno disuelto (mg/l)	5.54 ± 1.12	5.74 ± 1.26	6.03 ± 1.09	4 - 7
Nitratos (mg/l)	4.8	5.5	6.3	< 10
Nitritos (mg/l)	0.288	0.319	0.312	< 2
Amonio (mg/l)	0.27	0.35	0.31	< 0.5

Variables de respuesta y análisis estadístico

Los datos del análisis estadístico realizado a las variables de respuesta evaluadas se encuentran resumidos en las tablas 13 y 14 para evaluación grupal e individual respectivamente.

Tabla 13. Variables de respuesta para prueba grupal.

	Evaluación grupal (% proteico)					
	Dieta a base de larva			Dieta comercial		
	I 25 %	II 30 %	III 35 %	IV 25%	V 30 %	VI 35 %
Tasa de sobrevivencia (TS) %	61.5 ^c	61.5 ^c	66.67 ^b	69.5 ^b	69.5 ^b	72.3 ^a
Tasa de crecimiento (TC) g	6.032 ± 0.102 ^d	6.784 ± 0.083 ^c	7.726 ± 0.063 ^b	7.725 ± 0.058 ^b	8.145 ± 0.023 ^b	8.721 ± 0.092 ^a
Factor de conversión alimenticia (FCA)	3.645	3.013	2.575	3.581	2.979	2.493
Eficacia proteica (EP)	1.095	1.106	1.110	1.117	1.119	1.146

Los valores con distintos superíndices presentan diferencias significativas (P <0.05).

Tabla 14. Variables de respuesta para prueba individual.

	Evaluación individual (% proteico)					
	Dieta a base de larva			Dieta comercial		
	I 25 %	II 30 %	III 35 %	IV 25%	V 30 %	VI 35 %
Tasa de crecimiento (TC) g	6.519 ± 0.051 ^c	6.854 ± 0.095 ^c	7.649 ± 0.077 ^b	7.621 ± 0.089 ^b	8.282 ± 0.034 ^a	8.604 ± 0.081 ^a
Factor de conversión alimenticia (FCA)	3.602	2.994	2.559	3.395	2.819	2.239
Eficacia proteica (EP)	1.110	1.113	1.117	1.178	1.182	1.276

Los valores con distintos superíndices presentan diferencias significativas (P <0.05).

De lo anterior se resalta que para ambas pruebas (grupales e individual) la dieta que brinda los mayores beneficios al crecimiento de los individuos de *Macrobrachium* es la dieta comercial con el 35% de proteína en su composición (dieta VI), mientras que la dieta a base de harina de larva que contenía el mismo nivel proteico (dieta III) se ubicó en un segundo plano con diferencias estadísticamente significativas respecto a la dieta comercial del 35% de proteína junto a las dietas IV (comercial 25%) y V (comercial 30%). En lo que confiere a la diferencia presente entre los tratamientos que poseían el mismo porcentaje proteico, ésta fue atribuida a la concentración presente de aminoácidos, puesto que las dietas comerciales a base de harina de pescado contienen una concentración mayor estadísticamente significativa para seis de los diez aminoácidos esenciales para el género *Macrobrachium* (isoleucina, leucina, lisina, metionina, treonina y valina).

Con base en esto, se establece que la dieta a base de harina de larva más apropiada para su utilización dentro del cultivo de juveniles de *Macrobrachium sp.* es la dieta III con 35% de proteína, donde la harina de larva se encuentra presente en un 60% de la formulación, no obstante esta cifra pudiera ser disminuida de la misma manera que su diferencia en rendimiento a la dieta comercial (35% proteína) mediante la optimización de la producción y procesamiento de la larva de mosca.

7 CONCLUSIÓN

La incorporación de harina de larva de mosca doméstica en las dietas para el género *Macrobrachium* como fuente de proteína es factible; sin embargo, presenta ciertas limitaciones, como lo son la disminución en el aporte al crecimiento en la parte final del período juvenil de *Macrobrachium* así como requerirse de un valor porcentual más alto para alcanzar estadísticamente los valores de crecimiento generados a partir de la harina de pescado.

8 REFERENCIAS

Achionye-Nzeh, C. G., & Ngwudo, O. S. (2003). Growth response of *Clarias anguillaris* fingerlings fed larvae of *Musca domestica* and soyabean diet in the laboratory. Biosci. Res. Commun. 15, 221 - 223.

Adesina, M. A., Adejinmi, O. O., Omole, A. J., Fayenuwo, J. A., & Osunkeye, O. (2011). Performance of broilers' finishers fed graded levels of cassava peel-maggot meal-based diet mixtures. Journal of Agriculture, Forestry and the Social Sciences, 9(1), 226-231.

Adewolu, M. A., Ikenweiwe, N. B., & Mulero, S. M. (2010). Evaluation of an animal protein mixture as a replacement for fishmeal in practical diets for fingerlings of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). Israel Journal of Aquaculture-Bamidgeh, 62(4), 237-244.

Acuna, G. E. P. (2002). Estructura genética, variación isoenzimática y morfología de tres especies de *Macrobrachium spp.* de Veracruz y Tabasco, México (Doctoral dissertation, Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, México).

Akiyama, D. M., Dominy, W. G., & Lawrence, A. L. (1991). *Penaeid shrimp* nutrition for the commercial feed industry. American Soybean Association.

Alvarez, S., de Arazoza, M., Galindo, J., Ramos, D., Fraga, I., & González, R. (2002). Requerimientos nutricionales de juveniles de camarón blanco (*Litopenaeus schmitti*): evaluación de dietas prácticas.

Aniebo, A. O., Erondu, E. S., & Owen, O. J. (2009). Replacement of fish meal with maggot meal in African catfish (*Clarias gariepinus*) diets. Revista Científica UDO Agrícola, 9(3), 666-671.

Belluco, S., Losasso, C., Maggioletti, M., Alonzi, C. C., Paoletti, M. G., & Ricci, A. (2013). Edible insects in a food safety and nutritional perspective: a critical review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 12(3), 296-313.

Blonk, H., Kool, A., Luske, B., de Waart, S., & ten Pierick, E. (2008). Milieueffecten van Nederlandse consumptie van eiwitrijke producten. Gevolgen van vervanging van dierlijke eiwitten anno.

Cao, J. M., Yan, J., Huang, Y. H., Wang, G. X., Zhang, R. B., Chen, X. Y., ... & Zhou, T. T. (2012)a. Effects of replacement of fish meal with housefly maggot meal on growth performance, antioxidant and non-specific immune indexes of juvenile *Litopenaeus vannamei*. J. Fish. China, 36, 529-537.

Cao, J. M., Yan, J., Huang, Y. H., Wang, G. X., Zhang, R. B., Chen, X. Y., ... & Zhou, T. T. (2012)b. Effects of replacement of fish meal with housefly maggot meal on growth performance, antioxidant and non-specific immune indexes of juvenile *Litopenaeus vannamei*. J. Fish. China, 36, 529-537.

Canseco, L. E. F., Lemini, J. L. C., Suárez, A. D. F., Rodríguez, R., Flores, H. R. L., Galavíz, Á. C., ... & Alonso, S. D. (2015). DESARROLLO DE ALIMENTOS FORMULADOS PARA ESPECIES ACUÍCOLAS1 [DEVELOPMENT OF FOOD FORMULATED FOR AQUACULTURE SPECIES]. Revista Mexicana de Agroecosistemas, 2(1), 40.

Castillo-Corella, E., Cisneros-López, M., Ortiz-Serrano, L., & Jover-Cerdá, M. (2002). Evaluación de dietas proteicas en precrías de Langosta de Agua Dulce. In *Cherax quadricarinatus*). I Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura.

Chen, H. Y. (1993). Recent advances in nutrition of *Penaeus monodon*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 24(2), 231-240.

Cho C. Y., Dominique P. B. (1996) Bioenergetics in the design of diets and food standards for aquaculture of salmon : principles , methods and applications. Simposio Internacional de Nutrición Acuícola, Monterrey, México.

Church D. C., Pond W. G., Pond K. R. (2004) Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Limusa Wiley, México.

Civera, R., Galicia, A., Nolasco, H., Goytortúa, E., Cruz, L. E., Ricque, D., ... & Álvarez, A. (2010). Uso del cártamo (*Carthamus tinctorius*) como ingrediente en alimentos para juveniles del camarón *Litopenaeus vannamei*. Avances en nutrición acuícola X. Memorias del X Simposio Internacional de Nutrición Acuícola.

Collins, S.A., 2014. Antinutritional Factors in Modeling Plant-Based Rainbow Trout. Department of Animal and Poultry Science, University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada, pp. 215.

Corral M. L., Grizel H., Montes J., Polanco E. (2000) La acuicultura: Biología, regulación, fomento, nuevas tendencias y estrategia comercial. Análisis del desarrollo de los cultivos: medio, agua y especies. Tomo I

Cosse, A. A., & Baker, T. C. (1996). House flies and pig manure volatiles: wind tunnel behavioral studies and electrophysiological evaluations. *J. Agric. Entomol*, 13(4), 301-317.

Covich, A. P., Palmer, M. A., & Crowl, T. A. (1999). The role of benthic invertebrate species in freshwater ecosystems: zoobenthic species influence energy flows and nutrient cycling. *BioScience*, 49(2), 119-127.

Crococ, P. J., & Coman, G. J. (1997). Seasonal and age variability in the reproductive performance of *Penaeus semisulcatus* broodstock: optimising broodstock selection. *Aquaculture*, 155(1), 55-67.

Craig, S., & Helfrich, L. A. (2009). Understanding fish nutrition, feeds, and feeding, Virginia cooperative extension, Communications and Marketing, College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University. *Publication*, 420, 256.

Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Marín-Zaldivar, L. F., Guajardo-Barbosa, C., Nieto-López, M., & Salinas-Miller, A. (2002). Historia y estatus actual de la digestibilidad y algunas características fisicoquímicas de los alimentos comerciales para camarón usados en México. *Avances en nutrición acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de nutrición acuícola*, 3, 1-22.

Cruz-Suarez, L. E., Ruiz-Díaz, P. P., Cota-Cerecer, E., Nieto-Lopez, M. G., Guajardo-Barbosa, C., Tapia-Salazar, M., ... & Ricque-Marie, D. (2006). Revisión sobre algunas características físicas y control de calidad de alimentos comerciales para camarón en México. *Avances en Nutrición Acuícola VIII. Memorias del VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, 15, 330-369.

D'Abramo, L., & Sheen, S. D. J. (1996). Requerimientos nutricionales, formulación de dietas, y prácticas alimenticias para el cultivo intensivo del langostino de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii*. *Memorias del Segundo Simposium Internacional de Nutricion Acuicola*, 81-101.

D'Abramo L., & New M. 2000 Nutrition, feeds and feeding pp 203 – 220 Freshwater prawn culture. The farming of *Macrobrachium rosenbergii*

De la Parra, I. A., Maya, J. J. M., & Sosa, G. B. (2001). Efecto del ensilaje y la biodegradación con larva de mosca sobre las características nutricionales y bacterianas de la excreta de cerdo. *Vet. Méx*, 32(4), 249.

De los Santos Romero, R., & Rivera, M. E. S. (2008). Crecimiento de *Macrobrachium michoacanus* con relación al tipo de alimento y densidad de cultivo.

Diener, S., Zurbrügg, C., Gutiérrez, F. R., Nguyen, D. H., Morel, A., Koottatep, T., & Tockner, K. (2011, February). Black soldier fly larvae for organic waste treatment—prospects and constraints. In *Proceedings of the WasteSafe—2nd International Conference on Solid Waste Management in the Developing Countries. Khulna, Bangladesh*.

Drew, M. D., Borgeson, T. L., & Thiessen, D. L. (2007). A review of processing of feed ingredients to enhance diet digestibility in finfish. *Animal Feed Science and Technology*, 138(2), 118-136.

Ebenso, I. E., & Udo, M. T. (2003). Effect of live maggot on growth of the Nile perch, *Oreochromis niloticus* (Cichlidae) in South Eastern Nigeria. *Global Journal of Agricultural Sciences*, 2(2), 72-73.

Espinosa J. L. (1987). El langostino un alimento en peligro. México, Ingramex. v. 10, p 19-30

Espinosa-Chaurand, L. D., Vargas-Ceballos, M. A., Guzmán-Arroyo, M., Nolasco-Soria, H., Carrillo-Farnés, O., Chong-Carrillo, O., & Vega-Villasante, F. (2011). Biología y cultivo de *Macrobrachium tenellum*: Estado del arte. *Hidrobiológica*, 21(2), 98-117.

Espinosa-Chaurand, L., Flores-Zepeda, C., Nolasco-Soria, H., Carrillo-Farnes, O., & Vega-Villasante, F. (2012). Effect of dietary protein level on the development of juveniles of *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871). *Revista MVZ Córdoba*, 17(3), 3140-3146.

Ezewudo, B. I., Monebi, C. O., & Ugwumba, A. A. A. (2015). Production and utilization of *Musca domestica* maggots in the diet of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fingerlings. *African Journal of Agricultural Research*, 10(23), 2363-2371.

Fasakin, E. A., Balogun, A. M., & Ajayi, O. O. (2003). Evaluation of full-fat and defatted maggot meals in the feeding of clariid catfish *Clarias gariepinus* fingerlings. *Aquaculture Research*, 34(9), 733-738.

FAO. (2012) El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Departamento de Pesca y Acuicultura Disponible en: www.fao.org/docrep/016/i2727s/i2727s.pdf

FAO., 2014. In: Graziano da Silva, J. (Ed.), The state of World Fisheries and Aquaculture, Opportunities and Challenges. FAO, Rome, p. 3.

Fraga, I., Galindo, J., de Arazoza, M., Blanco, W., Díaz-Iglesias, E., Báez, M., & Bravet, E. (2002). Efecto de diferentes relaciones proteína/energía en el crecimiento de juveniles de Langosta Espinosa (*Panulirus argus*). CIVA, I Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura.

Lazo Funes, G., Zavala Cubas, M. Á., & Baires Minero, R. W. (2013). Uso de larva de mosca doméstica (*Musca domestica* L.) en diferentes porcentajes, como suplemento en la alimentación de Codorniz (*Coturnix coturnix japónica*) en fase de engorde (Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador).

García B. P. A. (1997) Fundamentos de nutrición. San José, Costa rica pp 61

García-Ortega, A., Muy-Rangel, D., Puello-Cruz, A., Villa-López, Y., Escalante-Rojas, M., & Preciado-Iñiguez, K. (2010). Uso de ingredientes de origen vegetal como fuentes de proteína y lípidos en alimentos balanceados para peces marinos carnívoros. *Centro de Investigación en Alimento y Desarrollo (CIAD). Mazatlán, Sin., México*, 321-340.

García-Ulloa Gomez, M., López-Aceves, L. A., Ponce-Palafox, J. T., Rodríguez-González, H., & Arredondo-Figueroa, J. L. (2008). Growth of freshwater prawn *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871) juveniles fed isoproteic diets substituting fish meal by soya bean meal. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 51(1), 57-65.

Gitte, M. J., & Indulkar, S. T. (2005). Evaluation of marine fish meat incorporated diets on growth and survival of post-larvae of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *Asian Fisheries Science*, 18(3/4), 323.

Glencross, B. D., Booth, M., & Allan, G. L. (2007). A feed is only as good as its ingredients—a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture nutrition*, 13(1), 17-34.

Goda, A. (2008). Effect of dietary protein and lipid levels and protein–energy ratio on growth indices, feed utilization and body composition of freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man 1879) post larvae. *Aquaculture Research*, 39(8), 891-901.

Grave S., Cai Y., Anker A. (2008) Global diversity of shrimps (*Crustacea: Decapoda: Caridea*) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 287-293.

Graziani, C. (2010). Crecimiento del camarón de agua dulce *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1877), en lagunas de cultivo.

Hari, B. (2003). Comparative evaluation of dietary protein levels and plant–animal protein ratios in *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *Aquaculture Nutrition*, 9(2), 131-137.

Holtschmit, M. (1990). Manual técnico para el cultivo y engorda del langostino malayo. México, FONDEPESCA. P. 17-32.

Howe, E.R., Simenstad, C.A., Toft, J.D., Cordell, J.R., Bollens, S.M., 2014. Macro-invertebrate prey availability and fish diet selectivity in relation to environmental variables in natural and restoring north San Francisco bay tidal marsh channels. *San Franc. Estuary Waters. Sci.* 12, 1–46.

Hwangbo, J., Hong, E. C., Jang, A., Kang, H. K., Oh, J. S., Kim, B. W., & Park, B. S. (2009). Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens.

Iqbal W., Malik M. F., Sarwar M. K., Azam I., Iram N. & Rashda A. (2014). Role of housefly (*Musca domestica*, Diptera; *Muscidae*) as a disease vector; a review. *Journal Entomology and Zoology Studies*, 2(2), 159-163.

IMF International Monetary Fund. "International Monetary Fund Primary Commodity Prices." 2010. <http://www.imf.org/external/data.htm>.

Kanazawa A. (2000) Nutrition and food. pp. 611-624 Spiny Lobsters: Fisheries and culture. Blackwell Science. UK.

Kent, G. (1995) Aquaculture and food security. Proceedings of the PACON Conference on Sustainable Aquaculture June, Honolulu, Hawaii, USA. Honolulu: Pacific Congress on Marine Science and Technology, 95: 11-14.

Kureshy N. & Davis A. 2002 protein requirement for maintenance and maximum weight gain for the Pacific White shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 204(1): 125 – 143.

Larrain, S., & Salas, F. (2008). House Fly (*Musca domestica* L.)(*Diptera Muscidae*) Development in Different Types of Manure. *Chilean journal of agricultural research*, 68(2), 192-197.

Lee O`C D., Wickins J. F. (1997) Cultivo de crustáceos. Edit Acribia 449 p.

Lee, S. M., Park, C. S., & Bang, I. C. (2002). Dietary protein requirement of young Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* fed isocaloric diets. *Fisheries science*, 68(1), 158-164.

Lordi, C., & Collins, P. A. (2004). Crecimiento de la Langosta *Cherax quadricarinatus* alimentadas con pellets utilizando harina del Mejillón asiático invasor *Limnoperna fortunei*. In *III Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura*.

Luchini L. & Panné-Huidobro S. (2008) Perspectivas en acuicultura: nivel mundial, regional y local. Buenos Aires, Dirección de Acuicultura-Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, 99, 5-9.

Luna, M., Graziani, C., Villarroel, E., Lemus, M., Lodeiros, C., & Salazar, G. (2007). Evaluación de tres dietas con diferente contenido proteico en el cultivo de postlarvas del langostino de río *Macrobrachium rosenbergii*. *Zootecnia tropical*, 25(2), 6.

Madu, C. T., & Ufodike, E. B. C. (2003). Growth and survival of catfish (*Clarias anguillaris*) juveniles fed live tilapia and maggot as unconventional diets. *Journal of Aquatic Sciences*, 18(1), 47-52.

Mandujano, M. A. B. (2012). Biología, Ecología e Investigación Sobre el Langostino de Río *Macrobrachium carcinus*. Linnaeus, 1758. Palibrio.

Maurin, C. I. (1974): La conchyliculture française. Le milieu naturel et ses variations». Rev. Trav. Inst. Pêches marit.: 123 págs.

March, J. G., & Pringle, C. M. (2003). Food Web Structure and Basal Resource Utilization along a Tropical Island Stream Continuum, Puerto Rico 1. *Biotropica*, 35(1), 84-93.

Marín & Pérez. (1998). Uso de larva de mosca domestica (*Musca domestica L.*) en diferentes porcentajes, como suplemento en la alimentación de pollos de engorde. Ing. Agrónomo. San Salvador, Universidad Nacional. P 3, 8 – 14.

Martínez P. C., Chávez S. M., Olvera N. M., Abdo M. I., (2000) Fuentes alternativas de proteínas vegetales como substitutos de la harina de pescado para la alimentación en acuicultura. Avances de nutrición acuícola III, pp 279 – 310.

Martínez-Porchas M. (2005) Efecto de la proporción proteína/energía dietética en el desempeño biológico de *Litopenaeus vannamei* en baja temperatura. Universidad de Sonora. Tesis de Maestría. pp 47.

Maynard L. A, Loosli J. K., Hintz H. F., Warner R. G. (1983) Nutrición animal. McGraw-Hill pp 78

Meyer D. E. (2004) Introducción a la acuicultura. Escuela agrícola panamericana. Zamorano, Honduras.

Mora B. I. (2007) Nutrición animal. San José, Costa rica pp 91

Murphy N. & Austin C. (2005) Phylogenetic relationships of the globally distributed freshwater prawn genus *Macrobrachium* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae): biogeography, taxonomy and the convergent evolution of abbreviated larval development. *Zoologica Scripta* 34 (2):187-197.

Nakagaki, B. J., & Defoliart, G. R. (1991). Comparison of diets for mass-rearing *Acheta domesticus* (Orthoptera, Gryllidae) as a novelty food, and comparison of food conversion efficiency with values reported for livestock. *Journal of Economic Entomology*, 84, 891–896.

Naylor, R.L., Hardy, R.W., Bureau, D.P., Chiu, A., Elliott, M., Farrell, A.P., Forster, I., Gatlin, D.M., Goldberg, R.J., Hua, K., Nichols, P.D., 2009. Feeding aquaculture in an era of finite resources. *Proc. Natl. Acad. Sci. India Sect. B: Biol. Sci.* 106, 15103–15110.

New M. B. (2002) Farming freshwater prawn: a manual for the culture of the gaint river prawn *Macrobrachium rosenbergii* FAO No. 428

New, M.B., Wijkstroem, U.N., 2002. Use of Fishmeal and Fish Oil in Aquafeeds: Further Thoughts on the Fishmeal Trap. FAO Fisheries Circular No. 975.

New, M. B. (2009) Chapter 1. History and global status of freshwater prawn farming. In: M.B. New, W.C. Valenti, J.H. Tidwell, L.R. D'Abramo & M.N. Kutty (eds.). *Freshwater prawns: biology and farming*. Wiley-Blackwell, New York, pp. 1-11.

Newton, L., Sheppard, C., Watson, D.W., Burtle, G., Dove, R., 2005. Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure. In: Report for Mike Williams, Director of the Animal and Poultry Waste Management Center. North Carolina State University.

Nijdam, D., Rood, T., & Westhoek, H. (2012). The price of protein: Review of land use and carbon footprints from life cycle assessments of animal food products and their substitutes. *Food Policy*, 37(6), 760-770

Olvera-Novoa, M. A., Martínez-Palacios, C. A., & Real-de Leon, E. (1993). *Manual de técnicas para laboratorio de nutrición de peces y crustáceos*.

Ogunji, J. O., & Wirth, M. (2001). Alternative protein sources as substitutes for fishmeal in the diet of young tilapia *Oreochromis niloticus* (Linn.).

Ogunji, J. O. (2004). Alternative protein sources in diets for farmed tilapia. *Animal Science. com Reviews (2004) No. 13 Nutrition Abstracts and Reviews Series B*, 74(9), 23N-34N.

Ogunji, J. O., Kloas, W., Wirth, M., Schulz, C., & Rennert, B. (2006). Housefly maggot meal (Magmeal): An emerging substitute of fishmeal in tilapia diets.

Ogunji, J. O., Nimptsch, J., Wiegand, C., & Schulz, C. (2007). Evaluation of the influence of housefly maggot meal (magmeal) diets on catalase, glutathione S-transferase and glycogen concentration in the liver of *Oreochromis niloticus* fingerling. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 147(4), 942-947.

Ogunji, J., Toor, R. U. A. S., Schulz, C., & Kloas, W. (2008a). Growth performance, nutrient utilization of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fed housefly maggot meal (magmeal) diets. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 8(1).

Ogunji, J. O., Kloas, W., Wirth, M., Schulz, C., & Rennert, B. (2008b). Housefly maggot meal (magmeal) as a protein source for *Oreochromis niloticus* (Linn.). *Asian Fisheries Science*, 21(3), 319-331.

Ogunji, J. O., Kloas, W., Wirth, M., Neumann, N., & Pietsch, C. (2008c). Effect of housefly maggot meal (magmeal) diets on the performance, concentration of plasma glucose, cortisol and blood characteristics of *Oreochromis niloticus* fingerlings. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 92(4), 511-518.

Ogunji, J. O., Nimptsch, J., Wiegand, C., Schulz, C., & Rennert, B. (2011). Effect of housefly maggot meal (magmeal) diets on catalase, and glutathione S-transferase in the liver and gills of carp *Cyprinus carpio* fingerling. *International Aquatic Research*, 3, 11-20.

Olvera M. A., Martínez C. A., Real de León P. E., (2011) Manual de técnicas para laboratorio de nutrición de peces y crustáceos. Apoyo a las Actividades Regionales de Acuicultura para América Latina y el Caribe (AQUILA).

Oonincx, D. G., & De Boer, I. J. (2012). Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans—a life cycle assessment. *PloS one*, 7(12), e51145.

Oonincx, D. G., van Itterbeeck, J., Heetkamp, M. J., van den Brand, H., van Loon, J. J., & van Huis, A. (2010). An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PloS one*, 5(12), e14445.

Ossey, Y. B., Koumi, A. R., Koffi, K. M., Atse, B. C., & Kouame, L. P. (2012). Use of soybean, bovine brain and maggot as sources of dietary protein in larval *Heterobranchus longifilis* (Valenciennes, 1840). *J. Anim. Plant Sci*, 15, 2099-2108.

Pieterse, E., & Pretorius, Q. (2014). Nutritional evaluation of dried larvae and pupae meal of the housefly (*Musca domestica*) using chemical-and broiler-based biological assays. *Animal Production Science*, 54(3), 347-355.

Papatryphon, E., & Soares, J. H. (2001). Optimizing the levels of feeding stimulants for use in high-fish meal and plant feedstuff-based diets for striped bass, *Moronesaxatilis*. *Aquaculture*, 202(3), 279-288.

Premalatha, M., Abbasi, T., Abbasi, T., & Abbasi, S. A. (2011). Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation: The use of edible insects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 4357-4360.

Ponce-Palafox, J. T., Arana-Magallón, F. C., Cabanillas-Beltrán, H., & Esparza-Leal, H. (2002, June). Bases biológicas y técnicas para el cultivo de los camarones de agua dulce nativos del Pacífico Americano *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871) y *M. americanum* (Bate, 1968). In I. de Blas (Ed.), *I Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura, CIVA 2002* (pp. 534-546).

Portillo Barrera, C. R., Villalta Hernández, T. Y., & González López, J. G. (2013). Producción de larva de mosca doméstica (*Musca domestica* L.) en granjas

porcinas como alternativa en el manejo de estiércol, aprovechando su fuente proteica natural en la alimentación de gallinas ponedoras (*Gallus gallus*)(Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador).

Pro, A. M., Cuca, M. G., Becerril, C. P., Bravo, H., Bixler, E., & Pérez, A. (1999). Estimación de la energía metabolizable y utilización de larva de mosca (*Musca domestica* L.) en la alimentación de pollos de engorda. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 7(1), 39-51.

Sanchez-Arroyo H & Capinera JL. (2014). House fly, *Musca domestica* Linnaeus (Insecta: Diptera: Muscidae), IFAS Extension University of Florida.

Sealey, W. M., Gaylord, T. G., Barrows, F. T., Tomberlin, J. K., McGuire, M. A., Ross, C., & St-Hilaire, S. (2011). Sensory analysis of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fed enriched black soldier fly prepupae, *Hermetia illucens*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 42(1), 34-45.

Shiau, S. Y. (1998). Nutrient requirements of penaeid shrimps. *Aquaculture*, 164(1), 77-93.

Sipaúba-Tavares, L. H., de Moraes, J. C. L., & De Stéfani, M. V. (2008). Comportamento alimentar e qualidade da água em tanques de criação de girinos de rã-touro *Lithobates catesbeianus*= Feeding behavior and water quality in tanks containing bullfrog tadpoles *Lithobates catesbeianus*. *Acta Scientiarum: Animal Sciences*.

Sogbesan, A., Ajuonu, D., Musa, B., & Adewole, A. (2006). Harvesting techniques and evaluation of maggot meal as dietary animal protein source for "Heteroclarias" fingerlings outdoor concrete tanks. *World J Agric Sci*, 2, 394-402.

Tacon, A. G., & Forster, I. P. (2003). Aquafeeds and the environment: policy implications. *Aquaculture*, 226(1), 181-189.

Teotia, J. S., & Miller, B. F. (1974). Nutritive content of house fly pupae and manure residue 1. *British Poultry Science*, 15(2), 177-182.

Teshima, S., Ishikawa, M., & Koshio, S. (2000). Nutritional assessment and feed intake of microparticulate diets in crustaceans and fish. *Aquaculture Research*, 31(8-9), 691-702.

Teshima, S. I., Koshio, S., Ishikawa, M., Alam, M., & Hernandez Hernandez, L. H. (2006). Protein requirements of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* evaluated by the factorial method. *Journal of the World Aquaculture Society*, 37(2), 145-153.

Tsai García, E. A., & Jaime, B. Evaluación de la lombriz de tierra *Eudrilus eugeniae* en la alimentación de camarones peneidos. *Proteínas*, 3, 349.

Valverde-Montoya J. (2006) Manual para el cultivo del langostino autóctono *Macrobrachium carcinus* en las barras de Colorado, Parímina y Tortuguero en la provincia de Limón, Costa Rica. Proyecto COBODES pp 29.

Van Huis, A., Van Isterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). *Edible insects: future prospects for food and feed security*. FAO.

Vega-Villasante, F., Nolasco-Soria, H., Civera-Cerecedo, R., González-Valdés, R., & Oliva-Suárez, M. (2000). Alternativa para la alimentación del camarón en cultivo: el manejo de la muda. *Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Mérida, Yucatán, México*, 313-320.

Vega-Villasante, F., Martínez-López, E. A., Espinosa-Chaurand, L. D., Cortés-Lara, M. C., & Nolasco-Soria, H. (2011). Crecimiento y supervivencia del langostino (*Macrobrachium tenellum*) en cultivos experimentales de verano y otoño en la costa tropical del Pacífico mexicano. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(2), 581-588.

Vela, V. S., & González, P. O. J. (2007). *Acuicultura: La Revolución Azul*. Observatorio Español de Acuicultura. Consejo Superior de Investigaciones Científicas Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. ISBN, 978-84.

Veldkamp, T., Van Duinkerken, G., Van Huis, A., Lakemond, C. M. M., Ottevanger, E., Bosch, G., & van Boekel, T. (2012). Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets: a feasibility study= Insecten als duurzame diervoedergrondstof in varkens-en pluimveevoeders: een haalbaarheidsstudie (No. 638). Wageningen UR Livestock Research.

Villamil-Echeverry, L. (2005). Eficiencia en la producción de biomasa de mosca doméstica (*Musca domestica* L.) y su utilización como fuente de proteína.

Villasana, G. J. A. 1981. Producción de larvas de mosca común (*Musca domestica* L.) y su evaluación biológica como fuente de proteína y energía en raciones para aves. Tesis Profesional. Depto. Zootecnia Univ. Autónoma Chapingo, México p. 188.

Webster C. D., Thompson K. R. Muziniz L. A 2002a culture and nutrition of Red claw Crayfish Part 1. Aquaculture magazine

Webster C. D., Thompson K. R. Muziniz L. A 2002b culture and nutrition of Red claw Crayfish Part 2. Aquaculture magazine

Wei, Z., ZhiGuo, D., XingQiang, W., Mei, C., BinLun, Y., & ShiHu, L. (2010a). Effects of dietary fly maggot *Musca domestica* on growth and body compositions in Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis* juveniles. *Fisheries Science (Dalian)*, 29(4), 187-192.

Wei, Z., ZhiGuo, D., XiaoYing, L., HanLiang, C., BinLun, Y., & ShouHua, Y. (2010b). Effects of dietary fly maggot *Musca domestica* in polyculture of Chinese shrimp with swimming crab *Portunus trituberculatus*. *Fisheries Science (Dalian)*, 29(6), 344-347.

Whitley, S. N., & Bollens, S. M. (2014). Fish assemblages across a vegetation gradient in a restoring tidal freshwater wetland: diets and potential for resource competition. *Environmental biology of fishes*, 97(6), 659-674.

Wouters, R., Nieto, J., & Sorgeloos, P. (2000). Artificial diets for penaeid shrimp. *Global Aquaculture Advocate*, 3(2), 61-62.

Wouters, R., Piguave, X., Bastidas, L., Calderon, J., & Sorgeloos, P. (2001). Ovarian maturation and haemolymphatic vitellogenin concentration of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed increasing levels of total dietary lipids and HUFA. *Aquaculture Research*, 32(7), 573-582.

Zendejas J. (1991) Alimentos para camarón y sistemas de alimentación. Taller sobre e cultivo de camarón. Mazatlán Sinaloa.

Zuidhof, M. J., Molnar, C. L., Morley, F. M., Wray, T. L., Robinson, F. E., Khan, B. A., ... & Goonewardene, L. A. (2003). Nutritive value of house fly (*Musca domestica*) larvae as a feed supplement for turkey poults. *Animal feed science and technology*, 105(1), 225-230.