

**Evaluación de la inclusión de harina de larva de mosca soldado (*Hermetia illucens*) en la
dieta para juveniles del pez ángel (*Pterophyllum scalare*)**

Arturo Santiago Gómez

José Julián Jaimes Guerrero

Universidad de Pamplona

Facultad de Ciencias Agrarias

Zootecnia

Villa del Rosario

2021

**Evaluación de la inclusión de harina de larva de mosca soldado (*Hermetia illucens*) en la
dieta para juveniles del pez ángel (*Pterophyllum scalare*)**

Arturo Santiago Gómez

José Julián Jaimes Guerrero

Proyecto de investigación presentado para optar el título de Zootecnista.

Tutor

Camilo Ernesto Guerrero Alvarado

Zootecnista, Ph.D. en Acuicultura

Universidad de Pamplona

Facultad de Ciencias Agrarias

Zootecnia

Villa del Rosario

2021

Agradecimientos

A Dios primeramente por permitirnos culminar nuestra investigación experimental satisfactoriamente.

A nuestros padres por el apoyo incondicional, al igual que a nuestro director de tesis el profesor Camilo Ernesto Guerrero Alvarado, Zootecnista, Ph.D. en acuicultura.

A la Universidad de Pamplona sede en Villa del Rosario y nuestro programa de Zootecnia de la Facultad de Ciencias Agrarias, por nuestros conocimientos obtenidos.

A la Universidad Francisco de Paula Santander sede Campos Elíseos (municipio de Los Patios), por permitirnos el uso de los laboratorios de Nutrición Animal y Análisis de Alimentos (LANUAN-UFPS) y del Laboratorio de Peces Ornamentales.

A nuestros docentes del programa de Zootecnia por ayudarnos a ejercer como profesionales con rectitud, moralidad y compromiso en el área pecuaria.

Tabla de contenido

Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
Capítulo 1: Evaluación de la inclusión de harina de larva de mosca soldado (<i>Hermetia illucens</i>) en la dieta para juveniles del pez ángel (<i>Pterophyllum scalare</i>)	13
1.1 Planteamiento del problema	13
1.2 Formulación del problema	14
1.3 Hipótesis	15
1.4 Objetivos	16
1.4.1 Objetivo general	16
1.4.2 Objetivos específicos	16
1.5 Justificación	17
1.6 Delimitaciones	18
1.6.1 Delimitación espacial	18
1.6.2 Delimitación temporal	19
1.6.3 Delimitación conceptual	19
Capítulo 2: Marco referencial	22
2.1 Antecedentes	22
2.1.1 Larvas de mosca soldado negra como dietas ricas en nutrientes para pez ornamental. (2020).	22

2.1.2 Efecto de usar la mosca soldado negra en reemplazo de la harina de pescado en los alimentos para tilapia inicial del Nilo. (2019).	22
2.1.3 Desarrollo de la técnica de producción de larvas de mosca soldado negra como alternativa para alimento a peces. (2015).	24
2.1.4 Reemplazo de harina de pescado con harina de larva para proceso de bioconversión de la torta de palmiste en dietas de formulación para tilapia del Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>). (2018).	24
2.1.5 Exploración del uso alternativo de <i>Hermetia illucens</i> (L.) (Díptera: <i>Stratiomyidae</i>) en la dieta de pollos de engorde y peces en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. (2020).	25
2.2 Marco Conceptual	26
2.2.1 <i>Pterophyllum scalare</i>	26
2.2.2 <i>Hermetia illucens</i>	28
2.2.3 Biometría	29
2.2.4 Parámetros de calidad de agua	30
2.2.5. Ración mínimo costo.	31
2.3 Marco Legal	31
Capítulo 3: Metodología:	34
3.1 Origen de los animales y procedimientos experimentales	34
3.1.1 Diseño experimental	34
3.1.2 Fase pre-experimental	34
3.1.3 Fase experimental	35
3.2 Condiciones ambientales	36

3.3 Producción de la larva mosca soldado negra (<i>Hermetia illucens</i>)	36
3.3.1 Elaboración de la harina de la larva soldado negra (<i>Hermetia illucens</i>)	38
3.4 Dietas experimentales y alimentación de los juveniles de (<i>P. scalare</i>)	38
3.5 Análisis bromatológicos	39
3.6 Variables experimentales	42
3.7 Análisis económico	43
3.8 Análisis estadístico	43
Capítulo 4: Resultados	45
4.1 Calidad fisicoquímica del agua	45
4.2 Cantidad de alimento ofrecido a los peces	45
4.3 Desempeño productivo y tasa de sobrevivencia	46
4.4 Análisis económico	49
Capítulo 5. Discusión	51
Capítulo 6: Conclusiones	57
Capítulo 7: Recomendaciones	58
Referencias	59
Anexos	65

Lista de tablas

Tabla 1. Composición nutricional de la harina de larvas de mosca soldado (<i>H. illucens</i>)	38
Tabla 2. Formulación y composición nutricional analizada de las dietas experimentales	41
Tabla 3. Biometría quincenal para cálculo del peso promedio de juveniles de <i>P. scalare</i> basado en la tasa alimentación porcentual	46
Tabla 4. Índices de desempeño productivo de juveniles de pez ángel (<i>Pterophyllum scalare</i>) alimentados con dietas conteniendo tres niveles de inclusión de harina de mosca soldado (<i>Hermetia illucens</i>)	47
Tabla 5. Distribución porcentual de los pesos de los juveniles de (<i>P. scalare</i>) alimentados con dietas conteniendo tres niveles de inclusión de harina de larva de mosca soldado (<i>H. illucens</i>) al finalizar los 60 días del periodo experimental.	49
Tabla 6. Costo promedio por kg de dieta y tasa de conversión económica (TCE) de la cría en condiciones de laboratorio de juveniles de pez ángel o escalar (<i>P. scalare</i>) alimentados con las dietas en las que se incluyen niveles (0, 20 y 40%) de harina de larva de mosca soldado (HLMS) como sustituto parcial de la harina de pescado	50
Tabla 7. Costo del kilogramo de harina de larva de mosca soldado (<i>Hermetia illucens</i>)	55

Lista de figuras

Figura 1. Diseño y montaje de las acuabaldosas	35
Figura 2. Equipo multiparámetro	36
Figura 3. Producción de la larva (<i>Hermitia illucens</i>). Nota: A. ovoposición de la mosca soldado negra, desarrollo larvario.	37
Figura 4. Elaboración de las dietas, cosecha larva mosca soldado, mezcla de ingredientes, C. Proceso de mezclado, secado en el horno, almacenamiento en frascos plásticos.	40
Figura 5. Distribución de dietas en las acuabaldosas, dietas formuladas en bolsas ziploc, medición de la talla (cm) de los juveniles de (<i>P. scalare</i>).	42
Figura 6. Valores promedio de tasa de sobrevivencia de juveniles de <i>P. scalare</i> , obtenidos en los diferentes tratamientos de inclusión de harina de larva de mosca soldada (HLMS).	48

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la inclusión de tres (3) niveles de harina de mosca soldado (0%, 20% y 40%) sobre el desempeño productivo y la sobrevivencia de juveniles del pez ángel *Pterophyllum scalare*. Se utilizaron 90 juveniles de *P. scalare* con peso promedio aproximado de $1,98 \pm 0,7$ g, los cuales fueron alimentados tres veces al día por un periodo de 60 días. Los peces fueron distribuidos en 9 acuarios de 28 litros de volumen útil (10 peces x acuario). Se utilizó un diseño completamente al azar con tres tratamientos y tres repeticiones, para un total de 9 unidades experimentales. Las variables productivas evaluadas fueron: ganancia de peso GP (g), conversión alimenticia CA (g/g), tasa específica de crecimiento TEC (%/día) y porcentaje (%) de sobrevivencia. Los resultados del experimento evidencian que inclusiones de harina de larva de mosca soldado superiores al 20% en la dieta, afectan negativamente el desempeño productivo y la sobrevivencia de los juveniles del pez ornamental *P. scalare*,

Palabras claves: desempeño productivo, peces ornamentales, pez escalar, sustitución, sobrevivencia.

Abstract

The present research aimed to evaluate the effect of the inclusion of three (3) levels of soldier fly meal (0%, 20% and 40%) on the productive performance and survival of juvenile angelfish *Pterophyllum scalare*. Ninety *P. scalare* juveniles with an approximate average weight of 1.98 ± 0.7 g were used, which were fed three times a day for a period of 60 days. The fish were distributed in 9 aquariums of 28 liters of useful volume (10 fish per aquarium). A completely randomized design with three treatments and three repetitions was used, for a total of 9 experimental units. The productive variables evaluated were: WG weight gain (g), FC feed conversion (g / g), SGR specific growth rate (% / day) and survival percentage (%). The results of the experiment show that inclusions of soldier fly larvae meal of more than 20% in the diet negatively affect the productive performance and survival of the juveniles of the ornamental fish *P. scalare*.

Keywords: productive performance, ornamental fish, angelfish, substitution, survival.

Introducción

Es notable identificar el crecimiento acelerado del siglo XXI, por ende, a medida que nos aproximamos a una población de 10.000 millones de habitantes, nos enfrentamos al hecho de que el número de personas subalimentadas o malnutridas ha crecido desde 2015. Aunque la solución no surge de un milagro para dar un resultado favorable a esta gran problemática, es necesario dar soluciones innovadoras para generar alimentos de calidad. Aunque la pesca de captura seguirá siendo importante, la acuicultura ya ha demostrado que cumple un papel esencial en la seguridad alimentaria mundial, dado que su producción ha aumentado un 7,5% por año desde 1970. (FAO, 2020).

Entendiendo la importancia de la acuicultura, surge la alimentación acuícola, que representa el mayor costo económico en la producción, alrededor del 60%, para esto se busca vincular el uso de dietas nutricionales de bajo valor económico, al igual que se espera obtener una buena conversión, un buen perfil de aminoácidos, crecimiento y eficiencia. La harina de pescado es una de las fuentes de alimentación más importante en los peces, sin embargo, su significativo precio, han hecho que se realice diversos estudios de fuentes alternativas de proteínas en alimentos acuícolas. (Oteri et. al, 2021).

Las alternativas de alimentación a dichas producciones van enfocadas con la finalidad de reducir costos manteniendo así la calidad nutricional, al igual que a la producción de peces ornamentales, su alimentación es bastante costosa, para ello se plantea soluciones inmediatas, de esta manera, el uso de subproductos agrícolas y animales no convencionales como bioconvertidores se convierte en una verdadera necesidad. En este sentido encontramos la larva de mosca soldado (*Hermitia illucens*) como una alternativa sostenible siendo eficientes

convertidores, estas características, vinculados a un ciclo de producción corto, hacen que las larvas de mosca soldado sean muy buenas candidatas para la producción intensiva, en cuanto a la domesticación y la producción de insectos controlados. (Caruso et. al, 2013)

Muchos estudios han determinado que la larva de mosca soldado negra es una gran alternativa como proteína sostenible para la alimentación de diferentes especies pecuarias, como una solución para la alimentación de especies usadas en acuariofilia: Una de ellas el pez ángel o escalar (*Pterophyllum scalare*) que es una especie tropical de agua dulce perteneciente a la familia de los cíclidos, considerada una de las más populares por su docilidad, forma y adaptabilidad al cautiverio. En su vida adulta el Pez ángel (*P. scalare*) se alimenta principalmente de larvas de insectos y crustáceos, los cuales abundan en su medio, proveyendo todos los nutrientes necesarios para su buen desarrollo y crecimiento. (Bustamante et. al, 2019). Partiendo de este punto de vista, la alimentación cumple un papel fundamental durante la producción y el manejo de peces ornamentales. De esta forma buscamos en los juveniles del pez ángel (*P. scalare*) proveerles de una dieta balanceadas sustituyendo parte de la harina de pescado usada en la dieta, por la harina de larva de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*), que es más económica. De esta manera el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la inclusión de harina de larva de mosca soldado (*Hermetia Illucens*) sobre las variables productivas, como: ganancia de peso GP (g), conversión alimenticia CA (g/g), tasa específica de crecimiento TEC (%/día) y porcentaje (%) de sobrevivencia, en las tres dietas para juveniles del pez ángel *Pterophyllum scalare*.

Capítulo 1. Evaluación de la inclusión de harina de larva de mosca soldado (*Hermetia Illucens*) en la dieta para juveniles del pez ángel *Pterophyllum scalare*.

1.1 Planteamiento del problema

Según la conferencia de Globefish celebrada en Sri Lanka, actualmente el sexto proveedor de peces ornamentales en el mercado mundial. Se habló del valor del comercio de peces ornamentales ha ido en aumento significativamente en las últimas décadas. Entre 2000 y 2011, las exportaciones mundiales de peces ornamentales aumentaron de US\$181 millones a US\$372 millones, es decir, ha aumentado más del doble. Se estima que el comercio total de peces ornamentales marinos vivos sea de unos US\$44 millones anuales. (FAO, 2017). Sin olvidar que la mayoría de la oferta del mercado de peces ornamentales proviene de Asia, con Singapur siendo el principal país exportador del mundo. Ahora, muchos países de América del Sur exportan peces ornamentales, pero los principales países exportadores son Brasil, Perú y Colombia, donde hay una larga tradición. El valor total de las exportaciones de estos tres países en 2007 fue aproximadamente USD 17 millones. (FAO, 2010).

Colombia se encuentra entre los 15 principales países exportadores de peces ornamentales en el mundo y para algunas comunidades en nuestro país la pesca de los ornamentales es su única fuente legal de sustento. El país registró en el 2016, exportaciones de más de 13 millones de peces de diferentes especies ornamentales a diferentes países, y actualmente ante el ICA (Instituto Colombiano Agropecuario), Colombia actualmente exporta peces ornamentales a diferentes países como Estados Unidos, Hong Kong, República de Corea, Alemania, Japón, y otros más. (Gallego et. al 2019). Generando 12,3 millones de USD en el 2014 por exportación de peces ornamentales, una cantidad reducida en comparación con Singapur con 69,3 millones de

USD, mostrando así el gran potencial que tiene esta área en Colombia como fuente económica, sin embargo, también se plantea la necesidad de un equilibrio saludable entre los deseos de pescadores, los intereses económicos del sector empresarial y el futuro y cuidado de la especie. (Vk Dey, 2016)

En otras palabras, la producción de peces ornamentales en Colombia se ha convertido en un buen negocio no solo hablando de la exportación, sino también del gusto de acuariofilia como hobby. Gran parte del alimento es importado o por lo menos sus materias primas, generando más costoso. Mientras que las larvas de mosca soldado se han utilizado como alimento para una variedad de animales, incluidos cerdos, aves de corral y peces, se está explorando como un ingrediente importante de alimentos para mascotas. (Barragan et. al, 2017).

Esto nos hace replantear la idea de sustituir estos concentrado cuya materia principal es la harina de pescado por alternativas como harina de la larva de mosca soldado negra, en dietas para peces ornamentales, en este caso el pez ángel *P. scalare*, es seleccionado para evaluar el efecto de la inclusión de larva de harina de mosca soldado en el crecimiento y disminución de costos en su elaboración.

1.2 Formulación del problema

¿Podrá la inclusión de la harina de larva de mosca soldado (*Hermetia illucens*) sustituir la harina de pescado en dietas para juveniles del pez ángel *P. scalare*? ¿La inclusión de harina de larva de mosca soldado negra podrá suplir los requerimientos nutricionales de los juveniles del pez ángel *Pterophyllum scalare*? ¿Es posible disminuir los costos de elaboración de la dieta, usando la harina de larva de mosca soldado negra en la alimentación de juveniles del pez ángel *Pterophyllum scalare*?

1.3 Hipótesis

Las hipótesis planteadas fueron:

H₀: El valor nutricional de diferentes niveles de inclusión de harina de larvas de mosca soldado (*H. illucens*) no presentan diferencias significativas en dietas de juveniles de pez ángel o escalar (*P. scalare*).

Y H₁: El valor nutricional de diferentes niveles de inclusión de harina de larvas de mosca soldado (*H. illucens*) presenta diferencias significativas en dietas de juveniles de pez ángel o escalar (*P. scalare*).

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General.

- ✓ Evaluar el efecto de la inclusión en la dieta de harina de larva de mosca soldado (*Hermetia illucens*) sobre el desempeño productivo y la sobrevivencia de juveniles del pez ángel o escalar *Pterophyllum scalare*

1.4.2 Objetivos Específicos.

- ✓ Determinar el efecto de tres niveles de inclusión (0, 20 y 40%) de harina de larva de mosca soldado (*Hermetia illucens*) en la dieta sobre el desempeño productivo (ganancia de peso, conversión alimenticia, tasa específica de crecimiento) y tasa de sobrevivencia de juveniles del pez ángel *Pterophyllum scalare*.
- ✓ Identificar un nivel de inclusión adecuado de harina de larva de mosca soldado (*Hermetia illucens*) en la dieta de juveniles del pez ángel *Pterophyllum scalare*.
- ✓ Estimar los costos de producción de las tres dietas con diferentes niveles de inclusión (0, 20 y 40%) de harina de larva de mosca soldado (*Hermetia illucens*).

1.5 Justificación

El presente estudio muestra la necesidad de implementar en la dieta del pez ornamental (*P. scalare*) la inclusión de harina de larva de mosca soldado negra para hacer la sustitución parcial de la harina de pescado comúnmente usada en las dietas (concentrados) elaboradas para esta especie, con el propósito de cubrir parte los requerimientos nutricionales de la especie. Una ventaja del uso de la harina de mosca soldado, es que es más económica, y fácil de obtener siempre y cuando se realice los cuidados adecuados para la obtención de la larva. Cabe resaltar que los peces en su medio natural se alimentan de materias orgánicas vivas y secas, como larvas de mosquito, lombrices, insectos y algunos pequeños crustáceos como las pulgas de agua “*Daphnia*”, microcrustáceos como la *Artemia* y pequeños camarones. Por lo tanto, para esta especie no sería nada novedoso consumir larva de mosca como alimentación, ya que en su medio natural esto es muy usual.

La harina de larva de mosca soldado negra está irrumpiendo rápidamente como una opción viable para reemplazar la harina de pescado, la harina de camarón y otras harinas animales para piscicultura. La larva de mosca soldado negra se convierte en una gran alternativa y ayuda a dar solución a la problemática que presenta el costo de elaboración de dietas para peces. Compuesta de las fuentes más interesantes por su sostenibilidad relacionada con su capacidad para convertir material de desecho orgánico en biomasa que contiene proteínas (40-45%) con un alto valor biológico, grasa (30-35%) con ácidos grasos de interés nutricional y cenizas (11-15%) con altas concentraciones de minerales y una alta relación Ca / P. (Oteri et. Al, 2021). Para esto es

necesario afrontar los nuevos desafíos que trascienden en la toma de decisiones tanto de los consumidores, como de los productores y los responsables de las políticas y leyes.

También es de resaltar que el aumento de los precios de concentrados para la alimentación de peces genera gastos considerables para la piscicultura, la harina de pescado es considerada como una fuente principal de alimento para la producción acuícola, su alta demanda hace que los piensos elaborados con esta materia prima sean costos. (FAO, 2016). Al igual que para los peces de acuario, el gasto es mayor, además presentan ciertos inconvenientes para su uso, debido a las diferentes exigencias de las muy diversas especies existentes en el mundo. Por ello la harina de larva de mosca soldado es posible utilizarla como sustituto parcial de la harina de pescado.

Las marcas internacionales tienden hacer las que lideran el mercado, fácilmente un solo gramo puede costar \$1000 pesos colombianos (PCO) es decir, \$1.000.000/kg (Omega), sin contar que hay marcas que saldría un poco más costoso el gramo. Por otra parte, encontramos marcas nacionales que llegan a costar hasta \$160.000/k (Incros) g. Por esto resulta interesante el uso la harina de larva de mosca soldado negra, como un ingrediente novedoso y económico para ser utilizado en dietas para peces ornamentales.

1.6 Delimitaciones

1.6.1 Delimitación espacial

El presente proyecto investigativo se realizó en el Laboratorio de Peces Ornamentales de la Universidad Francisco de Paula Santander, sede Campos Elíseos, ubicado en el municipio de Los Patios, Norte de Santander, en el cual se estableció los acuarios según los tratamientos, al igual

en el Laboratorio de Nutrición Animal, donde se desarrolló todo el proceso y elaboración del concentrado para las dietas.

1.6.2 Delimitación temporal

El proyecto de investigación tuvo una duración de 60 días los cuales estuvieron comprendidos entre los meses de septiembre- noviembre del año 2021.

1.6.3 Delimitación conceptual

El proyecto se enmarco de acuerdo a los siguientes términos:

- Larva mosca soldado: Su desarrollo larvario se da muy bien en temperaturas de 30 °C, la mosca soldado negra en su fase de adulto no se siente atraído por el hábitat humano o los alimentos de consumo humano. (Furman et. al 1959). Las larvas de la mosca soldado negra son excepcionalmente eficientes para bioconvertir sustratos de bajo valor en biomasa: en menos de 14 días, una larva multiplica su peso por aproximadamente 10,000 veces. Una vez maduras, las larvas se deshidratan y procesan en una harina de insectos desgrasada, rica en proteínas. La implementación de la harina mosca soldado negra en la dieta de peces de cultivo ofrece una alternativa sostenible a la harina de pescado. (Agronutris, 2020)
- Reproducción de larva: la reproducción surge de forma sexual, a través de la unión del macho y la hembra, depositando un aproximado de 600 huevos, los cuales, con las condiciones adecuadas, temperatura y alimentación (desechos orgánicos), llegan a su estadio de pupa y finaliza su ciclo completo como una mosca adulta. (Giraldo et. Al 2019).

- **Conversión alimenticia:** Es la proporción existente entre la cantidad de alimentos distribuidos (en kg) y la ganancia de peso de los peces (en kg), es decir, la cantidad de alimento que se necesita para un kilogramo de pescado. Esto significa que cuando un alimento tiene una Conversión Alimenticia (CA) baja, se necesita menos alimento para producir un kilogramo de pescado, también es un indicativo de un concentrado de alta calidad. La CA es una herramienta valiosa y necesaria para el piscicultor. Eso permite una estimación de la alimentación que se requerirá en el ciclo de crecimiento. Saber cuánto alimento se necesitará permite al agricultor determinar la rentabilidad de una empresa de acuicultura. Esto significa que la CA permite al agricultor tomar decisiones acertadas al seleccionar y utilizar el alimento para maximizar la rentabilidad. A medida que aumenta la cantidad de proteína en la dieta, la CA se reduce. Esto significa que se necesita menos alimento para producir un kilogramo de pescado. Esto puede ser importante, porque si bien el alimento con niveles más altos de proteína puede ser más costoso por kilogramo, debido a que es posible usar menos alimento, en realidad puede ser la forma más barata de alimentar a los peces. (USAID, 2011).
- **Mortalidad:** En los escalares la etapa de cría se considera crítica, pues es cuando se presenta la mayor tasa de mortalidad porque si no hay alimento, se pierde el instinto de comer (Bustamante et, al 2019), sin embargo, la mortalidad también está originada a enfermedades, calidad del agua, temperatura y demás eventos. En las enfermedades los peces pueden presentar disminución en el consumo de alimento originando mortalidad en algunos peces. En caso de una mortalidad masiva podría sospechar problemas con la calidad del agua o agentes infecciosos altamente virulentos, mientras las muertes en

número reducido e intermitente complican más establecer sus causas, pudiendo tratarse de agentes infecciosos menos virulentos. (FAO, 2011).

- **Alimento balanceado:** El objeto de la formulación de un alimento balanceado o artificial, consiste en mezclar ingredientes en diferentes cantidades y calidades nutricionales que permita obtener dietas completas con perfiles nutricionales disponibles y cuyo propósito se aproxime a las necesidades dietéticas de la especie en cuestión. (Velazco & Gutiérrez, 2019)
- **Digestibilidad:** La digestibilidad es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento, es decir, la facilidad con que es convertido en el aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición. Comprende dos procesos, la digestión que corresponde a la hidrólisis de las moléculas complejas de los alimentos, y la absorción de pequeñas moléculas (aminoácidos, ácidos grasos) en el intestino. La digestibilidad constituye un indicador de la calidad de la materia prima que a veces varía notablemente, de una especie a otra, sin embargo, en los peces se observan, valores muy similares en especies, así mismo, si se estudia en una especie dada, la influencia de la edad del animal, su estado fisiológico, e incluso la salinidad y la temperatura, a menudo se encuentran diferencias, insignificantes. (Manríquez, 1994).
- **Pez ornamental:** Se denominan peces ornamentales a los animales acuáticos que habitan acuarios con un propósito decorativo u ornamental. Generalmente provienen de zonas tropicales y aguas dulces, aunque algunos ya son cultivados en bodegas industriales. (Legiscomex, 2013).

Capítulo 2. Marco referencial

2.1 Antecedentes

2.1.1 Título: Larvas de mosca soldado negra como dietas ricas en nutrientes para pez ornamental (2020).

Autores: S Sinansari & M R Fahmi

Este estudio tiene como objetivo investigar el cultivo y la aplicación de la larva como alimento alternativo para peces ornamentales. La larva de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) es un alimento alternativo que cumple con los requisitos como fuente de proteína. Centro de investigación de peces ornamentales Cultivo (BRBIH) del Ministerio de Asuntos Marítimos y Pesca, implemento las larvas como materia prima alternativa para fuentes de proteína de la mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) para peces Balashark (*Balantiocheilus melanopterus Bleeker*) se constituyó un alimento alternativo que cumple con los requisitos como fuente de proteína. Además de funcionar como fuente de proteínas en la dieta de los peces, la larva se puede cultivar de acuerdo con el tamaño deseado. Se ha suministrado harina de larvas vivas y larvas como alimento a ambos peces ornamentales y pescado para uso alimentario. Por lo tanto, el uso de mosca soldado negra como fuente alternativa de proteína puede reducir costos de producción en la industria pesquera sin reducir su calidad.

2.1.2 Título: Efecto de usar la mosca soldado negra en reemplazo de la harina de pescado en los alimentos para tilapia inicial del Nilo. (2019).

Autores: Brígida Sperchi de Oliveira Machado & Maria Célia Portella.

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la reposición parcial de harina de pescado por harina de insectos en las dietas para la tilapia del Nilo en la fase inicial de crecimiento. Un experimento completamente aleatorio que consta de seis tratamientos de niveles crecientes de inclusión de harina de mosca de soldadura sustituto de harina de pescado negro (0%, 10%, 20%, 30%, 40% y 50%), con cinco repeticiones de cada tratamiento, por un período de 30 días. Larvas de 3 días después de la eclosión se almacenaron a una densidad de 10 larvas.L-1 en tanques de 50L tener un flujo continuo de agua y aireación constante, y recibió cinco raciones diarias. Durante el experimento, se llevaron a cabo cuatro evaluaciones. Biométrica (a los 7, 14, 21 y 30 días) para determinar el peso húmedo, peso seco, longitud total, longitud estándar y altura de los animales. Además, fueron tasas específicas de crecimiento y supervivencia calculadas, y la relación entre peso húmedo y peso seco. Los peces también se clasificaron en tres categorías. De tamaño ("P" pequeña, "M" mediana y "G" grande) al final del experimento, de según longitud completa. Los resultados mostraron diferencias significativo ($p > 0.05$) solo en el día 30 para la duración completa y en el día 14 para altura. En cuanto a la tasa de crecimiento específica, hubo diferencias significativas en los días 14 y 30 del experimento. En relación a las categorías de tamaño, las larvas que fueron alimentadas con mayores niveles de inclusión de la harina de insectos mostraron, al final de los 30 días, los porcentajes más bajos de juveniles de tamaño pequeño y los porcentajes más altos de juveniles grandes. La dieta de control proporcionó el mayor número de peces de tamaño mediano. Los resultados sugieren que es posible utilizar harina de mosca soldado negra como reemplazo parcial de la harina de pescado; sin embargo, se necesitan estudios más profundo y más extenso para comprender el uso de la harina de mosca negra soldada en las últimas etapas del cultivo de tilapia del Nilo con el fin de aumentar la seguridad de introducir este nuevo ingrediente en animales en crecimiento.

2.1.3 Título: Desarrollo de la técnica de producción de larvas de mosca soldado negra como alternativa para alimento a peces. (2015).

Autores: K. M. Shakil Rana., M. A. Salam., Shaharior Hashem., & Md. Ariful Islam.

Este estudio demostró claramente el potencial de las larvas Mosca Soldado Negra (MSN) para complementar la alimentación de los peces Mono sex tilapia en las zonas rurales de Bangladesh. En este estudio, La producción de larvas se inició con MSN que están disponibles en la naturaleza y la crianza se inició en el medio ambiente, así como en el laboratorio desechos domésticos se utilizaron para la producción de larvas de MSN, lo que sugiere que MSN, las larvas se pueden cultivar fácilmente en el patio trasero bajo condiciones naturales. Acondicionar y alimentar a los peces y aves de corral para que el costo del alimento puede reducirse sustancialmente y aumentar el margen de beneficio. Esta puede ser una solución probable al problema en cuestión. Con piensos comerciales adulterados y costosos. Aparte de este beneficio financiero, los desperdicios de cocina y de animales como el estiércol que de otro modo sería una molestia para el medio ambiente, ahora se puede reciclar en una fuente potencial de proteína para peces de cultivo.

2.1.4 Título: Reemplazo de harina de pescado con harina de larva para proceso de bioconversión de la torta de palmiste en dietas de formulación para tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). (2018).

Autores: Rietje J. M. Bokau. & Tutu Petrus Basuki.

El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de la sustitución de la harina de pescado con harina de larva para el crecimiento, tasa de supervivencia y para determinar el mejor

porcentaje de harina de larva de sustitución en la dieta de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) creciendo. La larva utilizada fue el resultado de la cultura de masas. A través de la crianza de Mosca Soldado Negra (MSN) en la jaula para producir huevos. Además, los huevos recolectados y esparcidos en el medio de torta de palmiste para el proceso de bioconversión durante 10 días y cosechado, secado y molido. Reemplazo de harina de pescado con harina de gusanos en las dietas como tratamiento fue A (0%), B (10%), C (20%), D (30%) y E (40%) con un contenido de proteína alimentaria del 30%. El total de 350 peces del Nilo como peces de prueba con un peso promedio de 10-12 g. se cultivaron en 15 unidades de acuario de 60 l y se nutrieron para 49 días. El método experimental utilizado fue completamente diseño aleatorio y fueron analizados por ANOVA y múltiples comparaciones. Entre los medios de tratamiento se hicieron con Duncan's prueba de comparación múltiple utilizando el software de análisis estadístico Programa de SPSS versión 21 para Windows. Todos los valores de probabilidad fueron considerados estadísticamente significativos al nivel de $P < 0.05$. El resultado de este estudio muestra que el reemplazo de la harina de pescado con La harina de gusanos en varios porcentajes de tratamientos dietéticos tiene un efecto significativo sobre el crecimiento, la tasa de supervivencia y FCR, sin embargo, el porcentaje más óptimo fue del 30%.

2.1.5 Título: Exploración del uso alternativo de *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) en la dieta de pollos de engorde y peces en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. (2020).

Autores: Nicole Marie Heredia Perdomo & Shirley Ivanova Villalba Ramón.

Se determinó que utilizar larvas de *H. illucens* como suplemento proteico para la alimentación de peces y aves es factible, ya que las cantidades de proteína y grasa son similares a la

alimentación actual de estos animales. El reemplazo de harina de *H. illucens* en la alimentación de peces se debe realizar de forma parcial, por una baja absorción en cantidades elevadas siendo esta una desventaja en peces, sin embargo, no se determinó la misma problemática en aves, es decir que este alimento tuvo un mejor resultado en algunos estudios en donde el peso de las aves resultaba mayor en comparación al alimento convencional. La producción de harina de *H. illucens* para una tonelada en zamorano puede ser posible realizando cambios en la cantidad de desechos suministrada para la alimentación larval a una más elevada (12,500 kg mensuales), de esta misma forma utilizar un lugar más amplio de alrededor de 445 m² para el tamaño de producción requerido.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 *Pterophyllum scalare*:

Pterophyllum proviene del griego *pteron* (alado, vela) y *phyllon* (hoja). Esta es una referencia a la aleta dorsal alta en forma de vela. Parece ser un nombre muy apropiado para el género.

Los primeros peces ángel se importaron a Hamburgo, Alemania, en 1909. Sin embargo, no pudieron criarlos en ese momento. El primer desove y cría exitosos de alevines ocurrió en 1921 (al menos en los EE. UU.). Estos pescados eran muy caros en aquellos días. (Bustamante et, at. 2019).

Los peces ángel provienen de la cuenca del río Amazonas en América del Sur. Esto incluye Perú, Colombia, Brasil, Guayana y Guyana Francesa. Suelen encontrarse en sistemas fluviales. Están perfectamente coloreadas para esconderse entre raíces u otra vegetación ribereña. Se pueden encontrar en hábitats de aguas blancas y negras. El pez ángel puede volverse bastante

grande, teniendo un cuerpo de 15 cm de largo. Cuando comience a agregar aletas (especialmente las variedades de velo), puede crecer otros 10 cm. Los peces ángel suelen ser más altos que largos, ya que las aletas dorsal y pélvica también son bastante largas. La altura puede ser de 20 cm. (Boorman, 2004).

La clasificación del pez ángel, de acuerdo con Lichtenstein (1823), es la siguiente:

Dominio: Eukaryota

Reino: Animalia

Phylum: Chordata

Subphylum: Vertebrata

Clase: Actinopterygii

Superorden: Acanthopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Cichlidae

Subfamilia: Cichlasomatina

Género: *Pterophyllum*

Especie: *scalare*

Los nombres comerciales que se le atribuyen al *Pterophyllum scalare* son: pez ángel, escalar, escalar común, escalar de velo, angelfish.

Cuenta con una morfología, su cuerpo discoidal cubierto de escamas ásperas, costados aplanados y altos, cabeza corta, región fronto-nasal cóncava, boca pequeña protráctil, dientes cónicos localizados en las dos maxilas, cuenta con una aleta dorsal, aleta caudal con filamentos caudales, aleta anal, aletas pélvicas y pectorales, con coloración variada. Puede llegar a medir

entre 13 y 15 cm de altura y longitud total, y se caracteriza por la apariencia de un triángulo gracias a su aleta dorsal y anal, aspecto particular de la especie. (Bustamante et, at. 2019).

2.2.2 *Hermitia illucens*:

La mosca soldado negro, *Hermetia illucens*, es una mosca común del Familia *Stratiomyidae*. Se encuentran comúnmente en todo el oeste hemisferio y la región australiana. Como adultos, el soldado negro vuela no posee un aguijón, ni poseen una pieza bucal u órganos digestivos para permitir que consuman residuos; por tanto, tampoco muerden. Los adultos sanos son aproximadamente 15 a 20 mm de largo, con la hembra que posee un Abdomen de color rojizo mientras que el abdomen del macho es más bronceado. Sus piernas son negro con patas delanteras de color amarillo pálido. Las Antenas de la mosca soldado negro, son largas, negras, y rectas: sobresalen de su cabeza directamente hacia adelante y no contienen una arista (Caruso et. Al, 2013).

La mosca soldado negra se aparean durante el vuelo y las hembras depositan aproximadamente quinientos huevos. Las larvas que resultan son las que muchos investigadores y agricultores le interesa debido a su capacidad para digerir los desechos. Estas larvas pueden alimentar inmediatamente a los peces o mediante una dieta suplementada en seco. La *Hermetia illucens* no se desinteresa de las residencias humanas, y por lo tanto reducir la probabilidad de transmisión de enfermedades (Newton et. al 2005), pero también desaliente la presencia de otras especies de moscas comunes. Sus breves ciclos de vida Fomentar la producción a gran escala y a largo plazo junto con la garantía de una fuente confiable de alimento debido a la reproducción frecuente. Las larvas de *Hermetia illucens* son candidatas viables para la producción masiva de sus estilos de vida centrados en la reducción de desechos naturales. Como consumidores voraces,

MSN la gestión a través de un proceso integral y holístico garantiza la maximización eficiencia y beneficios mientras se minimizan los costos. (Park, 2016).

2.2.3 Biometría:

Consiste en medir y pesar. La biometría en piscicultura es el trabajo que se realiza para conocer la cantidad de alimento o ración a suministrar a los peces criados en estanque o en acuario, este trabajo es de vital importancia, ya que solo así se podrá llevar el control sobre la producción. (Insaurralde M, 2006). Al igual que encontramos ciertos aspectos a considerar para realizar una biometría, como:

La periodicidad, se entiende como el ciclo medido en tiempo que trascurren entre una biometría y la siguiente, idealmente debemos hacer biometrías cada 8 o 10 días, creando así una rutina, la mejor hora es la de la mañana, antes de la primera ración, preferiblemente un par de horas antes, esto permite que los peces manipulados descansen y puedan alimentarse luego de la biometría. (Insaurralde M, 2006).

Mientras que la muestra es uno de los procesos estadísticos más complejos, la principal razón es que se desconoce el coeficiente de variación específico, debido a cada cultivo posee unas características particulares que hacen imposible estandarizarlo, sin embargo, existe un artilugio estadístico que define una muestra con una confiabilidad adecuada, esta es aplicar la raíz cuadrada a la población de peces, el resultado de esta operación será la muestra que debemos extraer. (Insaurralde M, 2006).

Sin olvidar la confiabilidad de los datos que sean recolectados de manera correcta, la balanza utilizada debe tener una apreciación adecuada se recomienda 0,001 o que sea capaz de pesar 1g, también es muy importante la TARA del recipiente que se utiliza, y cuidar de que este no

contenga agua durante el pesado, por otro lado, no se deben promediar grupo de animales ni tomar muestras sucesivas del mismo tanque. (Insaurralde M, 2006).

Las biometrías generan estrés a los peces, y hasta se presentan mortalidades luego de ellas, por lo tanto, es muy importante establecer un procedimiento expedito y rápido que permita extraer la muestra de peces con un mínimo impacto a la población total. (González F, 2020)

2.2.4 Parámetros de calidad de agua:

En cultivos de organismos acuáticos, cualquier característica del agua que afecte de un modo u otro el comportamiento, la reproducción, el crecimiento, los rendimientos por unidad de área, la productividad primaria y el manejo de las especies acuáticas es una variable de calidad de agua. Un estanque con agua de buena calidad producirá más que un estanque con mala calidad; además, es importante resaltar que hay diferentes factores que afectan la población de un estanque, pero sólo unos cuantos son posibles de tener en cuenta. Los cuales deben ser evaluados periódicamente, con el fin de aplicar los correctivos necesarios. Como uno de los objetivos de la acuicultura es obtener los mejores rendimientos, es necesario conocer las condiciones ecológicas que hay en los estanques y los procesos que allí se realizan. Los factores ambientales más importantes son factores físicos encontramos temperatura, salinidad, luz, evaporación, turbidez y color. Y factores químicos son oxígeno disuelto, potencial de hidrogeno o pH, dióxido de carbono, alcalinidad, compuestos nitrogenados, sulfuro de hidrogeno y ciclo del fosforo. (Rodríguez & Anzola, 2014).

2.2.5 Ración mínimo costo:

El uso de materias primas locales (tradicionales y no tradicionales) y subproductos ayudan con la formulación de dietas para el desarrollo de alimentos balanceados de bajo costo para la producción acuícola de recursos limitados en los países de Mesoamérica, es importante notar como está conformada la materia prima, para la fabricación de alimentos balanceados y generalidades sobre Buenas Prácticas Agrícolas (BPA). Es necesario conocer las materias primas locales identificadas en la región, se debe verificar que las materias primas seleccionadas para la fórmula estén disponibles en cantidades suficientes para continuar el procesamiento. Además, se deben tener en cuenta los niveles de inclusión de las materias primas que contienen factores anti nutricionales, los cuales pueden causar retrasos en la producción o afecciones a la salud de los peces. (Muñoz A, 2019). Por ello la necesidad de conocer nuevas alternativas que ayuden a formular dietas con el mínimo costo sin competir con el alimento humano.

2.3 Marco Legal

Ley 29 de 1990 (febrero 27) Diario Oficial No. 39.205 Por la cual se dictan disposiciones para el fomento de la investigación científica y el desarrollo tecnológico y se otorgan facultades extraordinarias.

Artículo 1o. Habla de la responsabilidad del Estado promover y orientar el adelanto científico y tecnológico y, por lo mismo, está obligado a incorporar la ciencia y la tecnología a los planes y programas de desarrollo económico y social del país y a formular planes de ciencia y tecnología tanto para el mediano como para el largo plazo. Así mismo, deberá establecer los mecanismos

de relación entre sus actividades de desarrollo científico y tecnológico y las que, en los mismos campos, adelanten la universidad, la comunidad científica y el sector privado colombianos.

Resolución 1056 (17 abril 1996) Por la cual se dictan disposiciones sobre el control técnico de los Insumos Pecuarios y se derogan las Resoluciones No. 710 de 1981, 2218 de 1980 y 444 de 1993.

Artículo 2o. Toda persona natural o jurídica que se dedique a la producción, importación, producción por contrato o el control de calidad de Insumos Pecuarios, deberá registrarse en el Instituto Colombiano Agropecuario ICA.

Artículo 3o. Para obtener el Registro como Productor, el representante legal deberá formular solicitud ante el ICA con la información y documentos requeridos.

Decreto n° 1840 de agosto 3 de 1994

Artículo 1.- En el ámbito de la aplicación del presente Decreto cubre todas las especies animales y vegetales y sus productos, el material genético animal y las semillas para siembra existentes en Colombia.

Artículo 10.- El Instituto Colombiano Agropecuario ICA, podrá acreditar personas jurídicas del sector oficial o particular, para el ejercicio de actividades relacionadas con la Sanidad Animal, la Sanidad Vegetal y el control técnico de los Insumos Agropecuarios, dentro de las normas y procedimientos que se establezcan para el efecto.

Resolución 005239 (29 de diciembre 2009) Por medio de la cual se establecen los requisitos sanitarios para el registro de los establecimientos de cuarentena y comercialización de peces ornamentales con destino a la exportación.

Artículo 1. Objeto. Establecer los requisitos para el registro sanitario de los establecimientos de cuarentena y comercialización de peces ornamentales, con fines a la exportación.

Artículo 4. Registro Sanitario. Toda persona natural o jurídica dedicada a la exportación de peces ornamentales o a la comercialización en el territorio nacional con fines a la exportación, debe solicitar ante la Subgerencia de Protección Fronteriza del ICA, el registro sanitario del establecimiento de cuarentena y comercialización, cumpliendo los requisitos solicitados.

Capítulo 3. Metodología

3.1 Origen de los animales y procedimientos experimentales.

Fueron adquiridos 160 juveniles de pez ángel o escalar (*Pterophyllum scalare*) provenientes de un mismo desove con un peso promedio de $1,37 \pm 0,18$ g, oriundos de la tienda de peces ornamentales “El Escalar” (Villa del Rosario, Norte de Santander). Los ejemplares fueron acondicionados en acuarios en el laboratorio de Peces Ornamentales de la Universidad Francisco de Paula Santander sede Campos Elíseos (municipio de Los Patios). Antes de colocar los peces en los acuarios, las bolsas en que venían embalados fueron colocadas dentro de los mismos, para realizar una aclimatación durante un periodo de 30 minutos. Luego fueron retirados de las bolsas con una red de nylon y distribuidos en forma aleatoria en 4 acuarios con volumen útil de 105 L, a una densidad de 2,62 L/pez (40 peces/acuario).

3.1.1 Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental completamente aleatorizado, con tres (3) tratamientos (dietas), tres (3) repeticiones, y el total de nueve (9) unidades experimentales. Se utilizó una población de juveniles de *P. scalare*; de los cuales se seleccionó una muestra de 90 animales con peso promedio inicial de $1,98 \pm 0,7$ g.

3.1.2 Fase pre-experimental

Inicialmente, todos los 160 juveniles fueron alimentados *ad libitum* 4 veces al día con ración en hojuelas (Marca incros Vital) que contenía 48% de proteína cruda (PC), 13% de cenizas, 9,5% de extracto etéreo (EE) y 2% de fibra cruda (FC), por un periodo de 15 días. Al final de esta fase,

los alevinos de (*P. scalare*) fueron contados, logrando estimar una sobrevivencia del 75% (120 peces), los cuales fueron pesados y luego clasificados en las siguientes categorías de peso: pequeños ($1,52 \pm 0,27$ g), medianos ($1,98 \pm 0,70$ g) y grandes ($3,07 \pm 0,43$ g). Para uniformizar el tamaño solamente la categoría de peces medianos fue usada para el montaje de la fase experimental, seleccionando un total de 90 juveniles de pez ángel.

3.1.3 Fase experimental

Los 90 juveniles de *P. scalare* seleccionados en la fase pre-experimental fueron distribuidos en forma aleatoria en nueve (9) acuabaldosas (32 x 32 x 32 cm) a una densidad de siembra de 10 peces/acuario (2,76 L/pez). Las acuabaldosa (figura 1), son un modelo de acuario originario de Brasil, donde reciben el nombre de “Aquapisos”, consisten en cuatro (4) baldosas cerámicas pegadas con silicona y un vidrio frontal, buscando reducir los costos en comparación con acuarios de vidrio convencionales. Las Acuabaldosas contaban con un volumen total de 32,77 L (volumen útil 27,6 L) y estaban equipadas con un sistema de oxigenación permanente y su correspondiente filtro biológico tipo esponja.



Figura 1. Diseño y montaje de las acuabaldosas.

Los peces fueron alimentados conforme al cálculo de la biomasa, tres veces al día durante toda la fase experimental (60 días). Las acuabaldosas fueron sifonadas día por medio, para su respectiva limpieza, retirada de residuos de alimento y heces, realizando una renovación de aproximadamente

el 50% del volumen total de agua (13,8 L). Los peces fueron pesados al inicio y al final del experimento. Se realizaron biometrías parciales cada 15 días para calcular la biomasa y hacer los ajustes a la ración. Los pesajes se realizaron en una balanza analítica (Precisa XB 620M).

3.2 Condiciones ambientales

El experimento fue desarrollado en nueve (9) acuabaldosas hechas en cerámica y vidrio con capacidad total de 32,7 L. Durante los 60 días de experimentación se mantuvo un fotoperiodo natural de (12 h luz: 12 h oscuridad). El agua utilizada para los acuarios provenía del sistema de acueducto del Municipio de Los Patios, Norte de Santander. Durante el experimento, fueron monitoreadas las siguientes variables fisicoquímicas del agua: diariamente temperatura (°C), pH, conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$), sólidos totales (mg/L) y salinidad (‰), con un equipo multiparámetro marca Waterproff (Figura 2) y semanalmente el amonio (NH_3 mg/L), nitrito (NO_2 mg/L) y nitrato (NO_3 mg/L) con el kit de análisis de calidad de agua para acuariofilia (marca Hanna).



Figura 2. Equipo multiparámetro

3.3 Producción de la larva mosca soldado negra (*Hermetia illucens*).

Para la producción y reproducción de *H. illucens* se realizó y analizó los parámetros ambientales en la ubicación de Cúcuta con una temperatura de 30 °C, una precipitación media anual de 1.203 mm y una altura de 320 msnm ideal para el desarrollo del ciclo biológico de *H.*

illucens los cuales son excelentes para su producción y habitad (Furman et al., 1959; Bradley & Sheppard, 1983, Booth & Sheppard, 1984). Las larvas *H. illucens* empleadas en esta investigación fueron adquiridas de la granja del Centro Latinoamericano de Especies Menores SENA-CLEM (Tuluá, Valle del Cauca). Se compraron 160 pupas las cuales fueron establecidas en dos mosquiteros cada uno de 159.536 cm³ (59 x 52 x 52 cm), en estos se colocó: las larvas los cuales hicieron el ciclo de metamorfosis a moscas, se colocaron en un envase con tela empapada, con agua para la hidratación de las moscas, otro envase con residuos (vegetales, frutas) tapado para evitar el contacto de las moscas, sobre el envase se colocó tablas donde las hembras de *H. illucens* colocaron la ovoposición (Booth & Sheppard, 1984); así mismo con un termo higrómetro se llevó el control de los rangos de temperatura entre 30 ± 5 °C y una humedad en 50 ± 8 %. Luego seguidamente de las posturas en las tablas/nidos, se trasladaron a las bandejas para producir el desarrollo larvario lo cual estuvo compuesto de residuos vegetales-frutas como su sustrato de alimentación (Figura 3).

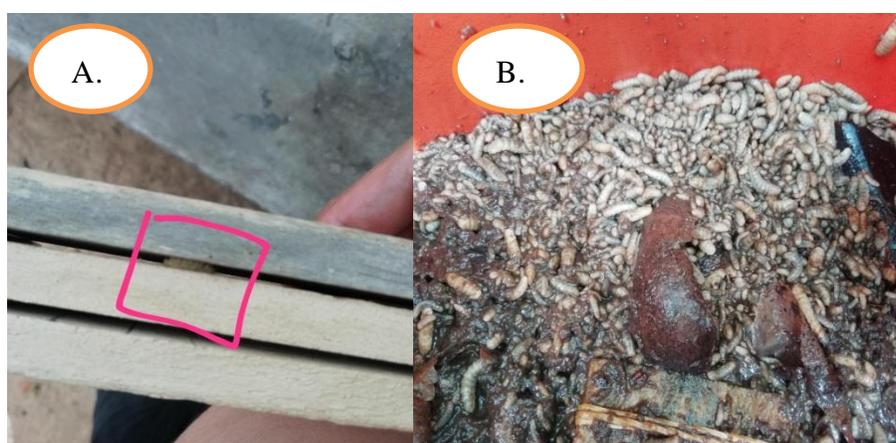


Figura 3. Producción de la larva (*Hermetia illucens*). Nota: A. ovoposición de la mosca soldado negra, B. desarrollo larvario

3.3.1 Elaboración de la harina de la larva soldado negra (*Hermetia illucens*).

De la producción larval de moscas soldado se lograron obtener 1,8 kilogramos de larvas (figura 4), las cuales se lavaron con agua, seguidamente se empacaron y llevaron a congelación para mantener sus nutrientes, luego las larvas de mosca se descongelaron, se secaron al sol durante dos días con temperatura promedio de 52°C; para posteriormente ser embaladas en recipientes, y llevadas al laboratorio, donde se procedió a pulverizarlas con un micro molino, y posterior pesaje en una balanza BCACSA, que arrojó un resultado de 460 gramos en seco (25,6% de MS). En la tabla 1, se observa la composición proximal de la harina de larvas de mosca soldado (HLMS).

Tabla 1. Composición nutricional de la harina de larvas de mosca soldado (*H. illucens*)

Humedad (%)	Materia seca (%)	Proteína cruda (%)	Extracto etéreo (%)	Fibra cruda (%)	Cenizas (%)	Energía bruta (EB) Kcal/kg
4,5 ¹	95,5 ¹	40,5 ²	37,4 ¹	11,7 ¹	7,8 ¹	6.189 ³

1. Cálculo realizado en el LANUAN-UFPS

2. Dato promedio reportado por diferentes autores.

3. Calculada matemáticamente con base al aporte energético de los ingredientes.

3.4 Dietas experimentales y alimentación de los juveniles de *P. scalare*

En este estudio fueron evaluadas tres (3) dietas experimentales con base en las exigencias nutricionales del pez ángel (*P. scalare*). La dieta 1, con un nivel de inclusión del 0% de harina de larva de mosca soldado (HLMS), la dieta 2 con un nivel de 20% de HLMS, la dieta 3, con un nivel de 40% de HLMS, preparadas con base en harina de pescado y harina de soya como fuentes de proteína principal. Todas las dietas formuladas contenían una humedad promedio de (6,83 ± 1,00%). Las dietas fueron formuladas para sustituir parte de la harina de pescado por harina de larva de mosca soldado (HLMS), y los valores de la sustitución fueron 0, 20 y 40%. Al incrementar

la cantidad de HLMS, las dietas disminuyeron su porcentaje de proteína cruda (PC), de cenizas (Cz) y de extracto no nitrogenado (ENN) y aumentaron su porcentaje de extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC) y energía bruta (EB). La formulación y composición nutricional analizada de las dietas experimentales es mostrada en la tabla 2.

Los ingredientes de las dietas fueron molidos y pesados individualmente y, posteriormente, fueron combinados en seco, continuando con la adición de agua y aceite de maíz (Figura 4). Obtenida la mezcla homogénea, se elaboraron los pellets, mediante el uso de un molino para carne (marca CI-TALSA). Los pellets fueron extendidos en bandejas de aluminio y colocados en un horno de secado (marca MEMMERT) a 60°C durante 12 horas, una vez se enfriaron fueron colocados en frascos plásticos los cuales estaban rotulados con los niveles de inclusión de HLMS, correspondientes a cada tratamiento. Antes de ser ofrecidos a los peces fueron molidos para ajustarse al tamaño de la boca de los juveniles de *P. scalare* y colocados en pequeñas bolsas de ziploc (figura 5). Los peces ángel fueron alimentados durante 60 días consecutivos, con una frecuencia de 3 veces al día (8:00 a.m., 12:00 m. y 4:00 p.m.), basados en un cálculo de 4% de la biomasa.

3.5 Análisis bromatológicos

Los análisis químicos de los ingredientes y de las dietas experimentales fueron realizados en el Laboratorio de Nutrición y Análisis de Alimentos (LANUAN-UFPS), adscrito al Departamento de Ciencias Pecuarias de la Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente – UFPS. Los análisis de % materia seca (MS), % de extracto etéreo (EE) y % cenizas (Cz) se determinaron según (AOAC, 1998; Silva, 2006). El contenido de materia seca (MS) fue determinado sometiendo las muestras a secado en estufa a 105°C por 24 horas. El extracto etéreo (EE) fue analizado después de

extracción en (Soxhlet), teniendo como solvente el éter de petróleo (punto de ebullición 60 °C), con reflujo continuo a través de la muestra, durante 5 horas. La concentración de cenizas (Cz) fue determinado carbonizando las muestras en mufla a 550°C por 3 horas. Todos los análisis fueron realizados con tres repeticiones. El contenido de proteína bruta (PB) fue realizado en el laboratorio de AGROSAVIA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria) calculado por el contenido de nitrógeno total, determinado por el método de Kjeldahl y multiplicado por el factor 6,25.



Figura 4. Elaboración de las dietas. A. cosecha larva mosca soldado, B. mezcla de ingredientes, C. proceso de mezclado, D. secado en el horno, E. almacenamiento en frascos plásticos.

Tabla 2. Formulación y composición nutricional analizada de las dietas experimentales

% del Ingrediente	% inclusión de harina de larva de mosca soldado		
	0	20	40
Harina de pescado	50,38	30,38	10,38
Harina de larva mosca soldado	0,00	20,00	40,00
Harina de soya	14,00	14,00	14,00
Harina de trigo	10,00	10,00	10,00
Harina de avena	8,90	8,90	8,90
Salvado de trigo	8,00	8,00	8,00
Almidón de yuca	4,64	3,20	3,20
Harina de maíz	2,70	2,70	2,70
Aceite de maíz	0,65	1,13	1,04
Aglutinante	0,36	0,36	0,36
Premix vitamínico-mineral	0,25	0,25	0,25
Antifúngico	0,08	0,08	0,08
Antioxidante	0,05	0,05	0,05
Caolín	0,00	0,96	1,05
<i>Composición nutricional analizada (%)</i>			
Materia Seca (% MS) ¹	94,3	92,8	92,4
Proteína Cruda (% PC) ¹	38,9	35,4	31,2
Extracto Etéreo (% EE) ¹	9,6	14,1	19,5
Fibra Cruda (% FC) ¹	1,89	3,46	5,59
Cenizas (% Cz) ¹	11,8	10,6	8,5
Extracto No Nitrogenado ²	32,1	29,2	27,6
Carbohidratos Totales ³	34,0	32,7	33,2
Energía Bruta (Kcal/Kg) ⁴	4.387	4.585	4.906
Relación Energía:Proteína	112,8	129,5	157,3

4. Cálculo por análisis de laboratorio

5. % Extracto No Nitrogenado (ENN) = 100 - (% HUMEDAD + %PC + %EE + %FC + %Cz)

6. % Carbohidratos totales = %ENN + %FC

7. Calculada matemáticamente con base al aporte energético de los ingredientes.



Figura 5. A. Distribución de dietas en las acuabaldosas, B. Dietas formuladas en bolsas ziploc, C. medición de la talla (cm) de los juveniles de (*P. scalare*).

3.6 Variables experimentales

Las variables analizadas durante el experimento de inclusión de harina de larvas de mosca soldado en dietas para juveniles de pez ángel (*P. scalare*) fueron las siguientes:

$$\text{Sobrevivencia (S)} = 100 - \left[\left(\frac{\text{N}^\circ \text{ de peces inicio} - \text{N}^\circ \text{ de peces final}}{\text{N}^\circ \text{ de peces inicio}} \right) * 100 \right]$$

$$\text{Ganancia de Peso (GP)} = [\text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)}]$$

$$\text{Conversión Alimenticia (CA)} = \frac{\text{Consumo de ración (g)}}{\text{Ganancia de peso (g)}}$$

$$\text{Tasa Específica de Crecimiento (TEC)} = \left(\frac{\ln \text{Peso final} - \ln \text{Peso inicial}}{\text{Periodo de alimentación (Días)}} \right) 100$$

Dónde: ln = Logaritmo natural.

3.7 Análisis económico

Teniendo en cuenta que el costo de las dietas dependió del contenido de harina de larva de mosca soldado (*H. illucens*), se calculó el costo requerido para producir 1 Kg de biomasa. La Tasa de Conversión Económica (TCE) fue calculada con la siguiente ecuación:

$$\text{TCE} = \text{Costo del alimento} \times \text{Conversión Alimenticia.}$$

El costo de cada dieta fue determinado al multiplicar las respectivas contribuciones de cada ingrediente alimenticio por su respectivo costo por Kg y sumando los valores obtenidos de todos los ingredientes en cada una de las dietas formuladas.

3.8 Análisis estadístico

Los datos obtenidos de consumo de alimento, biometrías y condiciones ambientales fueron anotados y digitalizados mediante la utilización del programa Excel®. Así mismo, los datos fueron procesados a través de estadística descriptiva y expresada como promedios \pm desviación estándar.

Los valores expresados en porcentaje fueron previamente transformados en arcoseno⁻¹ $\left(\sqrt{\frac{x}{100}}\right)$.

Los análisis estadísticos fueron realizados con el programa Statistical Product and Service Solutions (SPSS), Versión 19. Los promedios fueron sometidos a los siguientes análisis: 1) de normalidad de los errores por la prueba de Kolmogorov-Smirnov, 2) de homocedasticidad por la prueba de Brown-Forsythe y 3) análisis de varianza ANOVA; los promedios en los que se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) fueron comparados con la prueba de Duncan. Se consideraron promedios diferentes cuando $P < 0,05$.

Capítulo 4: Resultados

4.1 Calidad fisicoquímica del agua

Los valores promedio de los parámetros fisicoquímicos de calidad del agua encontrados en las acuabaldosas de todos los tratamientos durante el periodo experimental fueron los siguientes: temperatura $27,7 \pm 0,0^{\circ}\text{C}$, pH $7,5 \pm 0,1$, conductividad $186,1 \pm 5,9 \mu\text{S/cm}$, solidos totales $131,4 \pm$

4,1 mg/L, salinidad $0,1 \pm 0,0$ g/L, amonio no ionizado $0,004 \pm 0,00$ mg/L de NH_3 , nitrito $0,0 \pm 0,0$ mg/L de NO_2 y nitrato $5,0 \pm 0,0$ mg/L de NO_3 . Estos valores permanecieron dentro de los rangos recomendados para la cría del pez ángel o escalár.

4.2 Cantidad de alimento ofrecido a los peces

La cantidad de alimento a ser ofrecida diariamente fue calculada con base en una tasa alimenticia del 4% (tabla 3) para todos los tratamientos experimentales, la cual se multiplicó por el peso promedio del total de juveniles de pez ángel (*P. scalare*) y corregida quincenalmente.

Tabla 3. Biometría quincenal para cálculo del peso promedio de juveniles de *P. scalare* basado en la tasa alimentación porcentual.

No. Biometría	Día	Peso promedio (g) ¹	Tasa alimenticia (%) ^{2,3}	Cantidad de alimento por pez (g)
1	0	$1,98 \pm 0,69$	4,0	0,079
2	15	$2,37 \pm 0,73$	4,0	0,095
3	30	$3,14 \pm 0,94$	4,0	0,126
4	45	$3,43 \pm 1,21$	4,0	0,137
5	60	$4,31 \pm 0,98$	-	-

¹Medido con una balanza analítica Boeco® 0.0001 g de sensibilidad

²Tasa de alimentación acorde a la recomendación para peces cíclidos comerciales (tilapia)

³Ración distribuida en una frecuencia de 3 veces al día

4.3 Desempeño productivo y tasa de sobrevivencia

Los valores de peso inicial, talla inicial, consumo de alimento individual y factor de condición (K) no mostraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos. En la Tabla 4 pueden observarse los valores con desviación estándar de los índices de desempeño productivo observados durante la cría de juveniles del pez ornamental escalar (*P. scalare*) alimentados con niveles de inclusión de 0, 20 y 40% de HLMS (harina de larva de mosca soldado). Con respecto a la tasa de sobrevivencia, es posible observar diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$), entre los tratamientos, siendo la sobrevivencia 13,33% menor en el tratamiento con 40% de nivel de inclusión de HLMS, al compararlo con el tratamiento con 0% de nivel de inclusión (figura 6).

Tabla 4. Índices de desempeño productivo de juveniles de pez ángel (*Pterophyllum scalare*) alimentados con dietas conteniendo tres niveles de inclusión de harina de mosca soldado (*Hermetia illucens*)

Índices	Inclusión harina de mosca soldado (%)		
	0	20	40
Peso inicial (PI) g	1,98 ± 0,70 ^a	1,98 ± 0,70 ^a	1,98 ± 0,70 ^a
Peso final (PF) g	5,33 ± 1,40 ^c	4,22 ± 1,20 ^b	3,38 ± 1,00 ^a
Ganancia de peso (GP) g	3,35 ± 1,40 ^c	2,24 ± 1,20 ^b	1,40 ± 1,00 ^a
Ganancia de peso diaria (GPD) g	0,06 ± 0,02 ^c	0,04 ± 0,02 ^b	0,02 ± 0,01 ^c
Ganancia de peso porcentual (GPP) %	74,37 ± 31,74 ^b	49,73 ± 27,41 ^{ab}	31,10 ± 22,65 ^a
Talla inicial (TI) cm	3,08 ± 0,24 ^a	3,08 ± 0,24 ^a	3,08 ± 0,24 ^a
Talla final (TF) cm	4,62 ± 0,50 ^c	4,32 ± 0,46 ^b	3,93 ± 0,40 ^a
Ganancia de talla (GT) cm	1,55 ± 0,50 ^c	1,23 ± 0,46 ^b	0,86 ± 0,40 ^a
Consumo alimento individual (g/pez)	3,18 ± 0,00 ^a	3,18 ± 0,00 ^a	3,18 ± 0,00 ^a
Conversión alimenticia (g/g)	0,95 ± 0,29 ^a	1,42 ± 0,62 ^b	2,27 ± 0,65 ^c
Tasa específica de crecimiento (%/día)	1,59 ± 0,47 ^b	1,19 ± 0,47 ^{ab}	0,91 ± 0,41 ^a
Factor de condición (K)	5,34 ± 0,64 ^a	5,22 ± 0,53 ^a	5,45 ± 0,72 ^a

¹ Valores promedio (± desviación estándar) de tres réplicas (10 peces por réplica); valores promedio en la misma fila con igual superíndice no presentan diferencias significativas ($p > 0.05$).

² GP (g) = Peso final (g) – Peso inicial (g)

³ GP (%) = $100[(\text{Peso final} - \text{Peso inicial}) / \text{Peso inicial}]$

⁴ GPD (mg/día) = $1000 * [\text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)} / \text{tiempo (días)}]$

⁵ CA (g / g) = Consumo de alimento individual (g pez⁻¹) / $[\text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)}]$

⁶ TEC (%/día) = $100(\ln \text{Peso final} - \ln \text{Peso inicial}) / \text{Periodo de alimentación (días)}$ donde: ln = Logaritmo natural

Los valores promedio de los índices de peso final (PF), ganancia de peso (GP), ganancia de peso diaria (GPD), ganancia de peso porcentual (GPP), talla final (TF), ganancia de talla (GT), conversión alimenticia (CA) y tasa específica de crecimiento (TEC) presentaron diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos experimentales, representados por los niveles de inclusión de la harina de larva de mosca soldado (HLMS). Los índices mostraron una disminución significativa en la medida que aumentaba el porcentaje de inclusión de HLMS (tabla 4), sólo el índice de conversión alimenticia mostró un aumento significativo, indicando un mayor consumo de alimento para ganar 1 gramo de peso.

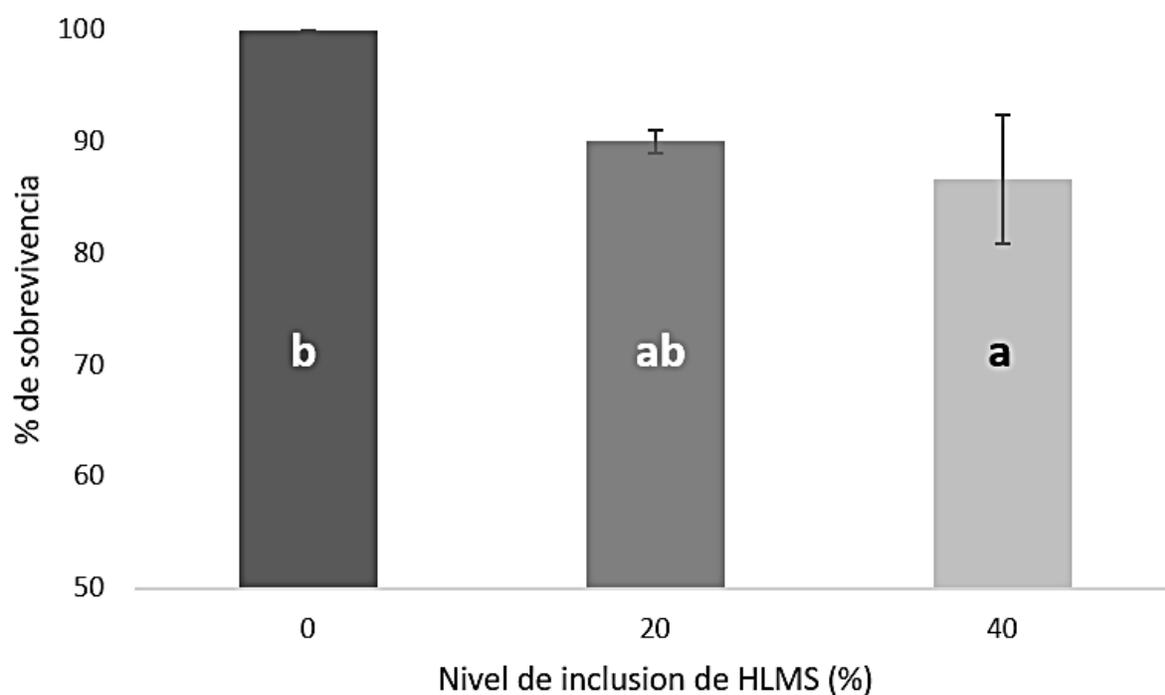


Figura 6. Valores promedio de tasa de sobrevivencia de juveniles de *P. scalare*, obtenidos en los diferentes tratamientos de inclusión de harina de larva de mosca soldado (HLMS). Promedios seguidos de diferente letra difieren estadísticamente por la prueba de Kruskal Wallis ($P < 0,05$).

Tasa de Supervivencia (%) = $100 - ((N^{\circ} \text{ de peces inicial} - N^{\circ} \text{ de peces final}) / N^{\circ} \text{ de peces inicial}) * 100$).

La distribución por tamaños, permitió identificar diferencias significativas dentro de las dietas establecidas de 0%, 20% y 40% con inclusión de harina de larva de mosca soldada, observando resultados favorables en la dieta 0% con un mayor porcentaje de grandes en comparación de la dieta 40% con su mayoría pequeños con un 92,3% (Tabla 5). Podemos decir que, en tamaños los productores buscan tamaños más homogéneos, donde sean más grandes, de manera que pueda obtener mejores ganancias económicas.

Tabla 5. Distribución porcentual de los pesos de los juveniles de (*P. scalare*) alimentados con dietas conteniendo tres niveles de inclusión de harina de larva de mosca soldado (*H. illucens*) al finalizar los 60 días del periodo experimental.

Distribución de tamaño	Porcentaje (%) de inclusión de la harina de mosca soldado		
	0	20	40
Pequeños (< 4,99 g)	46,7	74,1	92,3
Medianos (5 – 6,99 g)	40,0	22,2	7,7
Grandes (> 7,00 g)	13,3	3,7	0,0
Total	100,0	100,0	100,0

4.4 Análisis económico

Los costos del alimento decrecen significativamente con el incremento del nivel de harina de larva de mosca soldado (HLMS) en las dietas. Hubo una variación de \$ 389,2 pesos colombianos entre las dietas de alto costo (0% HLMS) y la de bajo costo (40% HLMS) (Tabla 6). Sin embargo, la TCE reveló tendencia al aumento en los costos de alimentación, porque al incluir en la dieta la

HLMS, el costo de producción de 1 Kg de pez (TCE) se incrementa comparada con el grupo de *P. scalare* alimentados con la dieta control (0% de inclusión de HLMS).

Tabla 6. Costo promedio por kg de dieta y tasa de conversión económica (TCE) de la cría en condiciones de laboratorio de juveniles de pez ángel o escalar (*P. scalare*) alimentados con las dietas en las que se incluyen niveles (0, 20 y 40%) de harina de larva de mosca soldado (HLMS) como sustituto parcial de la harina de pescado.

Inclusión HLMS (%)	Costo del alimento (Pesos/Kg)	Conversión Alimenticia	Tasa de Conversión Económica (TCE) ¹
0	\$ 6.082	2,47	15.022
20	\$ 5.838	3,87	22.592
40	\$ 5.693	4,49	25.560

¹TCE (Pesos) = Costo del alimento x Conversión Alimenticia. HLMS: harina de larva de mosca soldado (*H. illucens*). Fuente: los autores.

Capítulo 5. Discusión

Las dietas para juveniles de pez ángel (*Pterophyllum scalare*) en las cuales se utilizaron niveles de inclusión de 20% y 40% de harina de larva de mosca soldado (*Hermetia illucens*) como sustituto parcial de la harina de pescado afectaron negativamente el desempeño productivo, evidenciado por su efecto en el aumento de la conversión alimenticia (CA) y disminución en la ganancia de peso (GP), y la tasa específica de crecimiento (TEC), mientras que la dieta con 0% de inclusión no afectó dicho desempeño, ni tampoco la sobrevivencia. Durante el desarrollo del experimento se observó que los juveniles de pez ángel (*P. scalare*) presentaron un comportamiento alimenticio más apático y lento a la hora de consumir las dietas que contenían 20 y 40% de inclusión de HLMS, lo cual podría atribuirse a una posible baja palatabilidad de estas dietas, lo cual generó mayores residuos de alimento en el fondo de las acuabaldosas.

Algunos autores han utilizado la sustitución de ingredientes alimenticios costosos, por ingredientes más económicos, utilizando especies de peces comerciales y ornamentales, en similares condiciones experimentales. En esta investigación, la conversión alimenticia (CA) obtenida en el tratamiento sin inclusión de HLMS, mostro valores inferiores a los evidenciados en otros estudios con similares condiciones experimentales. Por ejemplo, Arévalo et al. (2018) alimentando juveniles de *P. scalare* con dietas conteniendo 36% de PB, obtuvieron una conversión de $1,55 \pm 0,14$; en este trabajo con la dieta 0% de inclusión de HLMS, 38,9 % de PB y 9,6% de EE, la conversión fue de $0,95 \pm 0,29$. En esta investigación el nivel de inclusión de 40% de HLMS, correspondiente a valores de proteína cruda y lípidos, de 31,2% y 19,5%,

respectivamente, presentó la peor conversión alimenticia en la dieta, es decir, valores más elevados ($2,27 \pm 0,65$); sin embargo, este resultado es bueno, al compararlo con el reportado por Arévalo et al. (2018) con una conversión alimenticia de $2,50 \pm 0,28$ de PB del 32%. Estas diferencias se podrían explicar por la fuente de proteína cruda utilizada en la dieta con 0% de inclusión de HLMS, la cual correspondía a 50,38% de harina de pescado, este nivel de inclusión garantizo una mejor conversión alimenticia (CA), posiblemente explicada por un adecuado perfil de aminoácidos, el cual mejoro el crecimiento de los juveniles de *P. scalare*. Ayudando así al metabolismo de los juveniles de pez ángel. Sin embargo, al utilizar la (HLMS) desgrasada su perfil de aminoácidos mejora en gran manera e incluso puede llegar a un 61,8% de PB, según Oliveira (2019).

La ganancia de peso (GP) fue mayor para los juveniles del pez escalar alimentados con dietas que contenía 38,9% de PB y 9,6% de EE, demostrando así un resultado más favorable comparado con Soriano y Hernández (2002) cuya PB es más alta. Probablemente el perfil de aminoácidos fue mejor al ser comparado con las dietas con niveles más bajos de proteína cruda (35,4 y 31,2%), correspondiente a niveles de inclusión de HLMS de 20 y 40%, respectivamente. Arévalo et al., (2018) evaluaron dietas para el pez ángel o escalar (*P. scalare*) con contenido proteico de 32, 34 y 36 % donde reportaron resultados de ganancia de peso de $2,88 \pm 0,28g$, $4,10 \pm 0,21g$ y $4,37 \pm 0,25g$, respectivamente, evidenciando que un aumento en los niveles de proteína favorece la ganancia de peso en esta especie, lo cual fue corroborado en este estudio.

La tasa específica de crecimiento (%/día) determinada en esta investigación (tabla 4) alimentando juveniles de pez ángel *P. scalare* con dietas conteniendo niveles de inclusión de 0%, 20% y 40% de HLMS, ($1,59 \pm 0,47$), ($1,19 \pm 0,47$), ($0,91 \pm 0,41$) respectivamente, se encontró valores promedio significativamente ($P < 0,05$) más altos en las dietas con menor inclusión de

HLMS, siendo las dietas de 20 y 40% las que presentaron las más bajas tasas de crecimiento específico (TCE), estas dietas fueron más bajas en comparación a los resultados que tuvo Oliveira (2019) con $11,18 \pm 6,70$ cuya PB 41,3% utilizando la especie *O. Niloticus*, donde la tasa de crecimiento en los juveniles de tilapia del Nilo que fueron sometidos a diferentes niveles de sustitución con tratamiento control del 0% al 50% de harina de pescado por harina de mosca soldado negra, con valores significativos en los días 14 y 30 del experimento con promedios de $(5,30 \pm 2,39)$, $(8,00 \pm 2,88)$ y $(4,40 \pm 2,93)$, $(9,34 \pm 1,71)$.

De manera general, el desempeño productivo de los peces ornamentales y comerciales no sólo está influenciado por la adecuada nutrición y alimentación, sino también por factores como la especie, edad, sexo, genética y calidad del alimento (vivo o artificial). No obstante, se ha comprobado que el alimento vivo frente al alimento seco muestra una tasa específica de crecimiento superior. Soriano y Hernández (2002) utilizando alimento vivo *Daphnia pulex*, un cladóceros, logrando una TEC de 4,86%, en comparación con este estudio que la más alta TEC fue de $1,59 \pm 0,47$, demostrando el efecto favorable del uso de esta fuente de proteína natural.

Como la (HLMS) presenta un alto nivel de lípidos, esto lo comprobamos con la dieta 40% cuya inclusión de EE es del 19,5 %, algunos autores como (Oliveiro, 2019 y Oteri et, al. 2021) aconsejan desengrasar la harina, ya que su EE baja considerablemente a 6,6% muy similar a la de harina de pescado. Esto se hace con la finalidad de aprovechar mejor la (HLMS) y evitar que afecte en el desempeño productivo.

La tasa de sobrevivencia de esta investigación en promedio fue de 92,2 % donde indica que la harina de larva mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) puede ser implementada sin ningún daño perjudicial para los peces juveniles (*Pterophyllum scalare*) igualmente resultados

reportados por otros autores (Ribiero et. al., 2007; Cerna, 2014, Arévalo et. al, 2018, Oliveira, 2019). Sin embargo, se hizo evidente que con el aumento del nivel de inclusión de la harina de larva de mosca soldado (HLMS), la sobrevivencia disminuye significativamente (figura 6)

En la actualidad los concentrados para especies de peces ornamentales se caracterizan por presentar un alto costo, debido a que sus materias primas son casi exclusivamente provenientes de la harina de pescado, harina de camarón y otras harinas de origen animal, así como por el uso de onerosos ingredientes aditivos y suplementos vitamínicos y minerales que también hacen incrementar significativamente los costos de estas formulaciones para acuariofilia. Por ello el objetivo de los nutricionistas de la piscicultura ornamental, es buscar obtener unas menores conversiones alimenticias, lo cual disminuye los gastos con el alimento balanceado, el cual debe caracterizarse por un adecuado balance de aminoácidos, ácidos grasos y carbohidratos y por su puesto una alta digestibilidad.

Entre las diferentes dietas establecidas para el consumo en la acuicultura la idea es utilizar materias primas suplementarias para lograr un rápido crecimiento y aumento de peso, tratando de utilizar subproductos y productos de bajo costo como fuentes de proteína (Köprücü & Özdemir, 2004). La larva de la mosca soldado *Hermetia illucens* cumple con un bajo costo y con cualidades que permiten su fácil incorporación y una mayor precisión en la formulación de dietas para animales, proporcionando proteína cruda y gran cantidad de lípidos altamente deseables con cadenas medias de ácidos grasos monoinsaturados (Arango et. al, 2004). En este estudio se evidencio que la harina de larva de mosca soldado, es más económica que la harina de pescado con un costo de 1,461\$ USD (Indexmundi, 2021), mientras que la harina de larva de mosca con un costo en la actualidad de 0,89\$ USD (tabla 6).

Tabla 7. Costo del kilogramo de harina de larva de mosca soldado *Hermetia illucens*

500 g de residuos orgánicos x Semana
2 kg/mes x 5 meses (duración de la producción larval)
10 kg x 500 pesos = 5.000 pesos colombianos (PCO).
5.000 PCO / 1,8 kg de larva viva = 2.800 PCO/kg
2.800 + 500 pesos (otros gastos)
3.300 PCO/ 3.700 tasa cambiaria (mes de octubre 2021) \$ PCO a \$ USD = 0.89 \$USD

Surge bastante competitivo a la hora de reducir costos, sin embargo, en las dietas suministradas de los diferentes tratamientos 0%, 20% y 40% a los juveniles del pez ángel *Pterophyllum escalare*, si hubo una diferencia de 389 PCO de la dieta 0% con respecto a la dieta del 40% de inclusión de HLMS, es decir, en cantidades pequeñas no hay mayor diferencia, pero a la hora de producir bultos o toneladas, si se podría estimar una diferencia significativa en los costos.

Esto permite decir que la elaboración de concentrado formulado con niveles de inclusión de harina de larva de mosca soldado puede ser económicamente viable para alimentar especies de peces ornamentales de interés, como es el caso al pez ángel *P. escalare*, sin embargo, su uso debería ser inferior al 20%, pues por los resultados obtenidos se evidencia un efecto en la sobrevivencia y en el crecimiento. Cuando hablamos de conversión alimenticia en la dieta 40% de HLMS, con un valor promedio de $2,27 \pm 0,65$ en comparación a la dieta 0% con $0,95 \pm 0,29$, y se analiza la tasa de conversión económica (TCE) la dieta 0% resulta la más viable, debido que tiene mejor conversión alimenticia, con un monto de \$ 15.022 PCO alusivo a la dieta 40% con

\$25.560 PCO, esto también lo comprobó Miranda y Guerrero, (2015) sucedió lo mismo, constituyéndose la dieta control sin inclusión de Torta de Sacha Inchi, como la de menor costo; hecho atribuido a la mejor conversión alimenticia (CA) presentada por los peces a los cuales se les suministró esta dieta.

Capítulo 6. Conclusiones

Este trabajo de investigación muestra que dietas para juveniles de pez ángel (*P. scalare*) en las cuales se utiliza más de un 20% de harina de larva de mosca soldado (*H. illucens*) como sustituto parcial de la harina de pescado, afecta el desempeño productivo, en términos de disminución de la ganancia de peso y de la tasa específica de crecimiento y aumento en la conversión alimenticia y en el porcentaje de mortalidad.

El kilogramo de alimento elaborado con la inclusión del 40% harina de larva de mosca soldado (*H. illucens*) en la dieta presenta el menor costo de producción y la dieta con la mejor Tasa de Conversión Económica (TCE) es aquella en la que se incluye solo harina de pescado como fuente proteica (0% de inclusión de HLMS).

Capítulo 7. Recomendaciones

Se aconseja que en las futuras formulaciones de dietas para juveniles de *P. scalare* se prueben valores de inclusión inferiores al 20% de la harina de larva de mosca soldado, preferiblemente usando dietas isoproteicas e isolipídicas.

Se recomienda investigar en futuros trabajos con porcentajes de inclusión menores, por ejemplo: 5, 10 y 15% de harina de larva de mosca soldado (*H. illucens*), como sustituto parcial de la harina de pescado, en la dieta para juveniles del pez ángel o escalar *P. scalare*.

Se recomienda hacer completo de aminoácidos y ácidos grasos de la harina de larva de mosca soldado (*H. illucens*), para determinar su verdadero potencial como ingrediente proteico y lipídico en dietas para *P. scalare* u otras especies de piscicultura ornamental o comercial.

Referencias

- Agronutris. (julio del 2020). Harina de mosca soldado negra: una fuente de proteína altamente digerible para alimentos acuícolas. Francia. International Aquafeed <https://aquafeed.co/entrada/harina-de-mosca-soldado-negra-una-fuente-de-proteina-altamente-digerible-para-alimentos-acuicolas-22751>
- Arango G., Vergara R. & Mejía H. (2004). Análisis composicional, microbiológico y digestibilidad de la proteína de la harina de larvas de *Hermetia illucens* L (diptera: stratiomyidae) en angelópolis-antioquia, colombia. Medellín: revista facultad nacional de agronomía Medellín
- Arévalo Ibarra, L. I., Suarez García, I., & Guerrero Alvarado, C. E. (2018). Efecto de diferentes niveles lipídicos y proteicos en la dieta sobre el desempeño productivo de juveniles del pez ángel o escalar (*Pterophyllum scalare*). *Respuestas*, 23(1), 32–38. <https://doi.org/10.22463/0122820X.1327>
- Association of Official Analytical Chemists-AOAC. Official methods of analysis of the AOAC International, 16 ed. Washington: AOAC, 1998.
- Barragan K., Dicke M., & Loon J. (2017). Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed. *Journal of Insects as Food and Feed*. Wageningen Academic Publishers.
- Boorman, L. (2004). “*Pterophyllum scalare* (Lichtenstein, 1823), the Angelfish”. *The Cichlid Room Companion*. Revisado el 29 de septiembre de 2018.

- Booth, D. C. & Sheppard, D. C. 1984. Oviposition of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (diptera: stratiomyidae): eggs, masses, timing and site characteristics. *Environ. Entomol.* 13:21-423.
- Bradley, S. W. & Sheppard, D. C. 1983. House fly oviposition inhibition by larvae of *Hermetia illucens*, the black soldier fly. *Journal of chemical Ecology.* 1:853-859.
- Bustamante J., González M., Rodríguez M., Ávalos A., & Cortes A. (2019). Características biológicas del pez ángel (*Pterophyllum scalare*; lichtentein 1823) para su producción. Primera edición: 2019 ISBN: 978-607-28-16 - México, Universidad Autónoma Metropolitana.
- Caruso D., Devic E., Subamia I., Talamond P., & Baras E. (2013). Technical handbook of domestication and production of diptera Black Soldier Fly (BSF) *Hermetia illucens*, Stratiomyidae. Obtenido de: <https://betuco-wp.be/BSF/BSF%20-Technical%20Handbook.pdf>
- Cerna L. (2014). crecimiento y sobrevivencia de alevinos de pez ángel, *Pterophyllum scalare* (perciformes, cichlidae) alimentados con tres dietas balanceadas comerciales. iquitos – Perú: obtenidos de: https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/3425/Liliana_Tesis_Titulo_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- FAO. (2010). Production and Commerce of Ornamental Fish: technical-managerial and legislative aspects. Roma. Obtenido de: <https://www.fao.org/3/bb206e/bb206e.pdf>.
- FAO. (2011). Manual básico de sanidad piscícola. Obtenido de: <https://www.fao.org/3/as830s/as830s.pdf>

- FAO. (2016). the state of world fisheries and aquaculture. Roma. Obtenido de:
<https://www.fao.org/3/i5555e/i5555e.pdf>
- FAO. (2017). La industria pesquera reconoce al comercio de peces ornamentales en la 2ª Conferencia Internacional de Comercio de Peces Ornamentales y Técnicas Pesqueras/ GLOBEFISH - Información y Análisis sobre el Comercio Mundial de Pescado. Roma. Obtenido de: <https://www.fao.org/in-action/globefish/news-events/details-news/es/c/469735/>
- FAO. (2020). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Roma. Obtenido de:
<http://www.fao.org/3/ca9229es/ca9229es.pdf>
- Furman, D. P., R. D Young, & E. P. Catts. (1959). *Hermetia illucens* (Linnaeus) as a factor in the natural control of *Musca domestica* Linnaeus. J. Econ. Entomol., Volumen 52: Pg 919-921.
- Gallego K., Ríos L., & Barreto Y. (2019). Estrategias para fortalecimiento de exportaciones de peces ornamentales a los Estados Unidos. Bogotá D. C. Universitaria Agustiniiana: Obtenido de:<https://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/875/RiosMalaver-LuzDary-2019.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Giraldo J., Rodríguez V., & Benavides M., (2019). Uso potencial de *Hermetia illucens* (Linnaeus) (Diptera: Stratiomyidae) para transformación de pulpa de café: Aspectos biológicos. Revista Cenicafé 70(2):81-90.
- González F. (2020). La biometría y su importancia en la acuicultura moderna. Artículo informativo. Piscicultura Global.

- Heredia N., & Villalba S. (2020). Exploración del uso alternativo de *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) en la dieta de pollos de engorde y peces en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Tesis: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras.
- Indexmundi. (2021). Precios del mercado/ Harina de pescado. Obtenido de: <https://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=harina-de-pescado>.
- Insaurralde M. (2006). Biometría de peces. Artículo informativo, para la ABC rural. Obtenido de: <https://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/abc-rural/biometria-de-peces-951420.html>
- Köprücü K & Özdemir Y. (2004). Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Elazig, Turkey: Firat University, Fisheries Faculty.
- Legiscomex. (2013). Estudio de mercado Peces Ornamentales en Colombia. Obtenido de: <https://www.legiscomex.com/BancoMedios/Documentos%20PDF/estudio%20peces%20ornamentales%20completo3.pdf>
- Manríquez H., (1994). La digestibilidad como criterio de evaluación de alimentos, su aplicación en peces y en la conservación del medio ambiente. fao. Italia.
- Miranda R., & Guerrero C, (2015). Efecto de la torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) sobre el desempeño productivo de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). Revista: Respuestas, vol. 20, no. 2, pp. 82-92,
- Muñoz A. (2019). Uso de materias primas locales y no locales para alimentación de tilapias en sistemas de acuicultura de recursos limitados (arel), Mesoamérica, Cuba y República Dominicana, Panamá: FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)

- Newton G., Sheppard D., Watson D., Burtle G., Dove C., Tomberlin J., & Thelen E.,(2005). The black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a manure management / resource recovery tool. Artículo científico.
- Olivera B., & Célia P. (2019). Efecto de usar la mosca soldado negra en reemplazo de la harina de pescado en los alimentos para tilapia inicial del Nilo. São Paulo, tesis de grado: Universida de Estadual Paulista – Unesp centro de Acuicultura Unesp.
- Oteri M., Di Rosa A., Lo Presti V., Giarratana F., Toscano G., & Chiofalo B. (2021). Black Soldier Fly Larvae Meal as Alternative to Fish Meal for Aquaculture Feed. Artículo científico: Italy. Department of Veterinary Sciences, University of Messina.
- Park H. (2016). Black Soldier Fly Larvae Manual. Artículo científico, University of Massachusetts Amherst.
- Ribeiro, F.; Rodrigues, L. & Fernandes, J. 2007. Desempenho de juvenís de AcaráBandeira (*Pterophyllum scalare*) com diferentes níveis de proteína bruta na dieta. B. Inst. Pesca, São Paulo, 33(2): 195-203.
- Rietje J. & Tutu B. (2018). Replacement of Fish Meal with Maggot Meal from Bioconversion Process of Palm Kernel Cake in Diets Formulation of Nile Tilapia (*Oreochromis Niloticus*). Artículo científico para Advances in Social Science, Education and Humanities Research, volume 298.
- Rodríguez H., & Anzola E. (2014). La calidad del agua y la productividad de un estanque en acuicultura. Artículo informativo de Agrosavia (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria).

- Shakil K., Salam M., Shaharior H., & Ariful Md. (2015). Development of Black Soldier Fly Larvae Production Technique as an Alternate Fish Feed. Artículo científico de la International Journal of Research in Fisheries and Aquaculture
- Silva. Análise de alimentos: métodos químicos y biológicos. Terceira Edição. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa (UFV), 2006, p. 35.
- Sinansari S & Fahmi M. (2020). Black soldier fly larvae as nutrient-rich diets for ornamental fish. Artículo científico Del Reasearch Institute of Ornamental Fish Culture, Depok, West Java, Indonesia, publicado en el International Conference on Sustainable Aquatic Resources.
- Soriano M., & Hernández D. (2017). Tasa de Crecimiento del Pez Ángel *Pterophyllum scalare* (Perciformes: Cichlidae) en Condiciones de Laboratorio. Guanajuato, México: Universidad de Guanajuato.
- Takashi, L.; Da Silva, T.; Fernandes, T.; Biller, J. & De Sandre, L. 2010. Efeito do tipo de alimento do desempenho produtivo de juvenis de acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*). Bol. Inst. Pesca São Paulo, 36(1):1 - 8.
- USAID. (2011). Feed Conversion Ratio (FCR). boletín técnico n° 7. Phnom Penh, Cambodia. Obtenido de : https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00K8MQ.pdf
- Velazco J., & Gutiérrez M. (2019). Aspectos Nutricionales de Peces Ornamentales de Agua Dulce. Artículo científico. Colombia. Obtenido de: <https://biblat.unam.mx/hevila/Revistapolitecnica/2019/vol15/no30/8.pdf>
- Vk Dey. (2016). The Global trade in ornamental fish. Infofish international. Obtenido de: <https://www.ornamentalfishexporters.com/wp-content/uploads/sites/3/2016/12/GLOBAL-TRADE-IN-ORNAMENTAL-FISH.pdf>