

**Universidad Católica de Santa María**  
**Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y**  
**Químicas**  
**Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y**  
**Zootecnia**



**EFFECTO DEL REEMPLAZO PARCIAL DE HARINA DE PESCADO CON  
HARINA DE LARVA DE MOSCA SOLDADO NEGRO (*Hermetia illucens*)  
SOBRE LA DIGESTIBILIDAD Y EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE  
ALEVINOS Y JUVENILES DE TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*)**

**EFFECT OF PARTIAL REPLACEMENT OF FISH MEAL WITH BLACK  
SOLDIER FLY LARVA MEAL (*Hermetia illucens*) ON DIGESTIBILITY AND  
PRODUCTIVE PERFORMANCE OF RAINBOW TROUT FRY AND  
FINGERLINGS (*Oncorhynchus mykiss*)**

Tesis presentada por el Bachiller:

**Vargas Tacuri, Cesar Augusto**

Para optar el Título Profesional de

**Médico Veterinario y Zootecnista**

Asesor:

**Mg. Sc. Zegarra Paredes, Jorge Luis**

**Arequipa- Perú**

**2023**

UCSM-ERP

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

**MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA TITULACIÓN CON TESIS**

**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR**

Arequipa, 03 de Julio del 2023

**Dictamen: 006064-C-EPMVZ-2023**

Visto el borrador del expediente 006064, presentado por:

**2015222191 - VARGAS TACURI CESAR AUGUSTO**

Titulado:

**EFFECTO DEL REEMPLAZO PARCIAL DE HARINA DE PESCADO CON HARINA DE  
LARVA DEMOSCA SOLDADO NEGRO (HERMETIA ILLUCENS) SOBRE LA  
DIGESTIBILIDAD Y EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE ALEVINES Y  
JUVENILES DE TRUCHA ARCO IRIS (ONCORHYNCHUS MYKISS)**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

**29616421 - OBANDO SANCHEZ  
ALEXANDER DANIEL  
DICTAMINADOR**



**29688868 - REATEGUI ORDOÑEZ  
JUAN EDUARDODICTAMINADOR**



**29327492 - VALDEZ NUÑEZ  
VERONICA ROCIO  
DICTAMINADOR**



# EFFECTO DEL REEMPLAZO PARCIAL DE HARINA DE PESCADO CON HARINA DE LARVA DE MOSCA SOLDADO NEGRO (Hermetia illucens) SOBRE LA DIGESTIBILIDAD Y EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE ALEVINES Y JUVENILES DE TRUCH

## INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Católica de Santa María

Trabajo del estudiante

3%

2

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

1%

3

1library.co

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

## DEDICATORIA

*A mi padre Gusman Vargas, quien me invito a navegar en el mar de la investigación.*

*A mi madre Isabel Tacuri, quien me formo como persona y me brindo todo su apoyo.*

*A Lucas, Luna, Aron y Lucky, que dejaron su ímpetu espiritual en mi vida.*



## AGRADECIMIENTOS

*A Dios por guiarme y ayudarme a tomar decisiones desde el inicio de mi vida.*

*A mi familia que siempre me brindaron apoyo y consejo.*

*A mi asesor doctor Jorge Zegarra, por confiar en mi capacidad investigativa y brindarme apoyo en todas las fases de investigación y en la vida universitaria.*

*A los integrantes del sub proyecto PNIPA N° 460 – 2019 “Formulación de dietas balanceadas costo – efectivas para acuicultura, utilizando una fuente nutricional alternativa: Harina de larva de mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) estandarizada”, quienes me brindaron apoyo y capacitación constante.*

*A todo el personal responsable de la construcción y habilitación del laboratorio de nutrición acuícola, que servirá para futuras investigaciones universitarias.*

*A mis jurados de tesis, doctor Juan Reategui, doctor Obando Sánchez, doctora Verónica Valdez, por su tiempo de evaluar mi proyecto de investigación y sus constantes consejos de mejoría.*

*A la Universidad Católica de Santa María, por formarme como profesional con ética y brindarme todas las facilidades sobre las instalaciones para poder realizar mi proyecto de investigación.*

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de determinar el efecto del reemplazo parcial de harina de pescado con diferentes porcentajes de harina de larva de mosca soldado negro (HLMSN) sobre el coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) para los parámetros nutricionales de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC) y extracto etéreo (EE), en dietas para truchas arco iris (*O. mykiss*) en etapa de alevinaje y juvenil, evaluando también, tasa de conversión alimenticia (TCA), ganancia de peso diario (GPA) y factor de condición de Fulton (FCF). Finalmente se calculó el mérito económico obtenido con el reemplazo. El alimento se formuló en base a los requerimientos mínimos para alevines y juveniles, agregando el marcador insoluble en ácido (Hyflo super cell) proporcional a 1 % en cada dieta. La fase experimental se desarrolló en dos fases, en el laboratorio de nutrición acuícola del fundo Huasacache perteneciente a la Universidad Católica de Santa María. Los peces fueron adquiridos de ECOLCHUP, en la represa de Polobaya. En la primera fase se testeó 3 dietas (T0: dieta estándar sin reemplazo, T1: dieta con 25% de reemplazo con HLMSN y T2: dieta con 50% de reemplazo con HLMSN) en estanques de 200 alevines, con 4 repeticiones para cada dieta. La segunda fase se testeó 3 dietas con los mismos porcentajes de inclusión, en estanques de 50 juveniles con 4 repeticiones para cada dieta. La toma de muestras fecales se realizaron 8:00 am cada mañana antes de brindar el alimento. El CDA se determinó con el método de marcador insoluble en ácido. Las mediciones de biometría se realizaron al inicio y término del ensayo. La temperatura del agua fluctuó entre 11 °C – 15 °C y la saturación de oxígeno entre 5 – 6.6 ppm. Se armó un diseño completamente al azar (DCA) para cada fase y se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) entre los grupos como medida estadística de dispersión. Entre los grupos con diferencia significativa se utilizó la prueba de significancia de Duncan ( $p < 0.05$ ), utilizando Microsoft Excel. No se encontró diferencia estadísticamente significativa para el CDA para MS (95,8 – 96,9), MO (96,4 – 97,3), PC (97,9 – 98,21) y EE (98,46 – 98,8) entre las dietas para alevines, de igual manera para los parámetros productivos. En las dietas de juveniles, la dieta T2 (50% reemplazo), obtuvo valores superiores CDA para MS (85,44), MO (87,05), PC (91,97), EE (96,53), respecto a las dietas T0 y T1, sin encontrarse diferencia significativa en los parámetros productivos. Se concluye que las dietas testeadas para alevines tienen CDA altos y comportamiento productivo similar, consiguiendo mejor mérito económico con el reemplazo de hasta 50% de HLMSN. Para juveniles la dieta con 50% de reemplazo con HLMSN obtuvo CDA altos, sin variar el comportamiento productivo ni el mérito económico.

**Palabras clave:** *Hermetia illucens*, digestibilidad, *Oncorhynchus mykiss*

## ABSTRACT

The present research work was carried out with the objective of determining the effect of the partial replacement of fish meal with different percentages of black soldier fly larva meal (BSFLM) on the apparent digestibility coefficient (ADC) for the nutritional parameters of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP) and ethereal extract (EE), in diets for rainbow trout (*O. mykiss*) in the fry and fingerling stage, also evaluating feed conversion rate (FCR), daily weight gain (DWG), and Fulton's condition factor (FCF). Finally, the economic merit obtained with the replacement was calculated. The food was formulated based on the minimum requirements for fry and fingerling, adding the acid-insoluble marker (Hyflo super cell) proportional to 1% in each diet. The experimental phase was developed in two phases, in the aquaculture nutrition laboratory of the Huasacache farm belonging to the Catholic University of Santa María. The fish were purchased from the ECOLCHUP, in the Polobaya dam. In the first phase, tested 3 diets (T0: standard diet without replacement, T1: diet with 25% replacement with BSFLM and T2: diet with 50% replacement with BSFLM) in ponds of 200 fry, with 4 repetitions for each diet. The second phase tested 3 diets with the same inclusion percentages, in ponds of 50 fingerlings, with 4 repetitions for each diet. Fecal samples were taken at 8:00 am every morning before providing food. The ADC was determined with the acid-insoluble marker method. Biometrics measurements were performed at the beginning and end of the trial. The water temperature fluctuated between 11 °C - 15 °C and the oxygen saturation between 5 - 6.6 ppm. A completely randomized design was set up for each phase and analysis of variance (ANOVA) was used between the tested groups as a statistical measure of dispersion. Duncan's significance test ( $p < 0.05$ ) was used between the groups where a significant difference was found, using Microsoft Excel. No statistically significant difference was found for the ADC for DM (95.8 - 96.9), OM (96.4 - 97.3), CP (97.9 - 98.21), EE (98.46 - 98.8) between the diets for fry, in the same way for the productive parameters. In the fingerlings diets, the T2 diet (50% replacement) obtained higher ADC values for DM (85.44), OM (87.05), CP (91.97), EE (96.53), with respect to diets T0 and T1, without finding a significant difference in the productive parameters. It is concluded that the diets for fry have high ADC and similar productive behavior, achieving better economic merit with the replacement of up to 50% of HLMSN. For fingerlings, the diet with 50% replacement with HLMSN obtained high ADC, without varying the productive behavior or economic merit.

**Keywords:** *Hermetia illucens*, digestibility, *Oncorhynchus mykiss*

## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

1.	CAPITULO I INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.	Enunciado del Problema .....	2
1.2.	Descripción del problema.....	2
1.3.	Efecto en el desarrollo local y/o regional.....	2
1.4.	Justificación del trabajo .....	2
1.4.1.	Aspecto general.....	2
1.4.2.	Aspecto tecnológico.....	2
1.4.3.	Aspecto social.....	3
1.4.4.	Aspecto económico.....	3
1.4.5.	Importancia.....	3
1.5.	Objetivos.....	3
1.5.1.	Objetivo general.....	3
1.5.2.	Objetivos específicos.....	3
1.6.	Hipótesis:.....	4
	CAPITULO II MARCO TEORICO .....	6
2.1.	Análisis bibliográfico.....	6
2.1.1.	TRUCHA ARCO IRIS ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	6
2.1.2.	MOSCA SOLDADO NEGRA ( <i>Hermetia illucens</i> ).....	9
2.1.3.	ACUICULTURA A NIVEL GLOBAL:.....	14
2.1.4.	ACUICULTURA EN EL PERÚ.....	20
2.1.5.	CULTIVO DE TRUCHAS EN EL PERÚ.....	21
2.1.6.	NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN DE PECES.....	25
2.1.7.	Fisiología digestiva:.....	28
2.1.8.	Digestibilidad y biodisponibilidad de nutrientes:.....	32
2.1.9.	Factores que afectan la digestibilidad de nutrientes:.....	34
2.1.10.	Métodos de determinación de la digestibilidad aparente en peces.....	35
2.1.11.	Insectos en la alimentación de peces:.....	36
2.1.12.	Harina de larva de mosca soldado negra en alimentación de peces... 42	
2.1.13.	Antecedentes de investigación:.....	47

3. CAPITULO III MATERIALES Y MÉTODOS .....	56
3.1. Materiales: .....	56
3.1.1. Localización del trabajo: .....	56
3.1.2. Ubicación temporal:.....	56
3.1.3. Materiales biológicos: .....	56
3.1.4. Materiales de laboratorio:.....	56
3.1.5. Materiales de campo:.....	57
3.1.6. Equipos y maquinarias: .....	57
3.1.7. Otros materiales: .....	57
3.2. Métodos: .....	57
3.2.1. Muestreo: .....	57
3.2.2. Métodos de evaluación:.....	58
3.3. Variables de respuesta:.....	62
3.3.1. Variables independientes:.....	62
3.3.2. Variables dependientes:.....	62
3.4. Evaluación estadística: .....	63
3.4.1. Diseño Experimental:.....	63
4. CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	65
4.1. Resultados y discusión:.....	65
4.1.1. Composición nutricional de las dietas .....	65
4.1.2. Resultados y discusión de coeficiente digestibilidad aparente (DGA) .....	66
4.1.3. Resultados y discusión de parámetros productivos.....	70
4.1.4. Resultados y discusión de mérito económico .....	73
CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
BIBLIOGRAFIA .....	80
ANEXOS .....	86
1. Anexo I: Recepción de peces.....	86
2. Anexo II: Toma de muestras fecales.....	87
3. Anexo III: Procesamiento de muestras .....	87
4. Anexo IV: Ensayo de digestibilidad .....	88
5. Anexo V: Medición biométrica .....	91
6. Anexo VI: Monitoreo de estanques.....	93
7. Anexo VII: Fórmulas de dietas utilizadas.....	95
8. Anexo VIII: Matrices de datos de análisis proximal.....	101
9. Anexo IX: Matrices de datos productivos .....	103

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Clasificación taxonómica de trucha arco iris .....	6
Cuadro 2 Clasificación taxonómica de la mosca soldado negra .....	9



## INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Cosecha de recursos hidrobiológicos procedentes de la acuicultura en el Perú .....	18
Gráfico 2: Distribución productiva de recursos hidrobiológicos por departamentos.....	21
Gráfico 3: Coeficientes de digestibilidad aparente de MS, MO, PC y EE en las dietas de alevines. ....	66
Gráfico 4: Coeficientes de digestibilidad aparente de MS, MO, PC y EE en las dietas de juveniles.....	68
Gráfico 5: Parámetros productivos obtenidos con las diferentes dietas para alevines.	71
Gráfico 6: Parámetros productivos obtenidos con las diferentes dietas para juveniles	72
Gráfico 7: Mérito económico obtenido en ensayo de alevines.....	74
Gráfico 8: Mérito económico obtenido en ensayo de juveniles.....	75



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tabla de alimentación en trucha arco iris según peso .....	24
Tabla 2: Tabla de alimentación en trucha arco iris según tipo de alimento.....	24
Tabla 3: Composición nutricional de la harina de larva de mosca soldado negra, utilizando diferentes sustratos reportado por diferentes autores. ....	42
Tabla 4: Contenido de MO, ceniza, MO, PC y EE de las dietas experimentales para alevines. ....	65
Tabla 5: Contenido de MO, ceniza, MO, PC y EE de las dietas experimentales para juveniles.....	65
Tabla 6: Coeficientes de digestibilidad aparente de MS, MO, PC y EE para alevines, con un nivel de significancia de $p < 0.05$ .....	66
Tabla 7: Coeficientes de digestibilidad aparente de MS, MO, PC y EE para juveniles, con un nivel de significancia de $p < 0.05$ .....	68
Tabla 8: Parámetros productivos obtenidos en ensayo con alevines, con un nivel de significancia de $p < 0.05$ .....	70
Tabla 9: Parámetros productivos obtenidos en ensayo con juveniles, con un nivel de significancia de $p < 0.05$ .....	72
Tabla 10: Mérito económico para alevines de trucha arco iris con diferentes dietas. ..	73
Tabla 11: Mérito económico para juveniles de trucha arco iris con diferentes dietas...	74

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

**CDA:** Coeficiente de digestibilidad aparente

**MO:** Materia orgánica

**PC:** Proteína cruda

**EE:** Extracto etéreo

**MS:** Materia seca

**HLMSN:** Harina de larva de mosca soldado negra

**TCA:** Factor de conversión alimenticia

**GPA:** Ganancia de peso diario

**FCF:** Factor de condición de Fulton.

**ADC:** Apparent digestibility coefficients

**DM:** Dry matter

**OM:** Organic matter

**CP:** Crude protein

**BSFLM:** Black soldier fly larvae meal

**FCR:** Feed conversión rate

**DWG:** Daily weight gain

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

## CAPITULO I INTRODUCCIÓN

### 1.1. Enunciado del Problema

“Efecto del remplazo parcial de harina de pescado con harina de larva de mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) sobre la digestibilidad y el comportamiento productivo en alevines y juveniles de truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)”.

### 1.2. Descripción del problema

En la alimentación de trucha arco iris, se obtiene la proteína a partir de harina de pescado en su gran mayoría, lo que genera preocupación por el grado de impacto ambiental generado en su obtención. La harina de larva de mosca soldado negra es candidato a fuente proteica en la alimentación de truchas, siendo necesario el estudio de la digestibilidad de sus nutrientes en condiciones de laboratorio, así como la performance y mérito económico obtenido al reemplazar la harina de pescado en condiciones de campo.

### 1.3. Efecto en el desarrollo local y/o regional

La harina de larva de mosca soldado negra producida localmente podría ser utilizada para reemplazar en determinada proporción la cantidad de harina de pescado, disminuyendo el costo del alimento extruido, haciendo más rentable las unidades productivas acuícolas de pequeños y grandes productores de trucha a nivel local y regional.

### 1.4. Justificación del trabajo

#### 1.4.1. Aspecto general

La harina de larva de mosca soldado negra ofrece proteína de alto valor biológico y sin generar gran impacto ambiental en su producción. Su aplicación en la nutrición de truchas validada por estudios científicos permitirá su aplicación en la producción a gran escala y así mejorar la cadena productiva desde el abordaje económico, productivo y ambiental a nivel local y nacional.

#### 1.4.2. Aspecto tecnológico

La inclusión de la harina de larva de mosca soldado negra como fuente de proteína alternativa para la producción de trucha arco iris, abre una ventana de oportunidades para el procesamiento tecnológico de esta nueva fuente proteica, incluyéndola en los procesos industriales, logrando avanzar en la tecnología de producción de alimentos para la acuicultura.

#### 1.4.3. Aspecto social

La harina de larva de mosca soldado negra, le da una opción al pequeño productor de zonas alto andinas de obtener un alimento con menos costo y de un rendimiento igual a los alimentos tradicionales, garantizando así la seguridad alimentaria en diferentes condiciones sociales.

#### 1.4.4. Aspecto económico

La harina de pescado es el insumo máspreciado y de mayor costo en la nutrición acuícola, su reemplazo parcial o total por la harina de larva de mosca soldado negra, permitirá mejorar la economía de la cadena productiva, desde la producción del alimento hasta su uso en centros de producción de truchas.

#### 1.4.5. Importancia

La generación de conocimiento científico del reemplazo parcial de la harina de larva de mosca soldado negra en las dietas de trucha arco iris, permitirá evaluar características importantes como la digestibilidad, performance productivo y mérito económico. Probándose así las ventajas que puede tener en la acuicultura y permitir su aplicación a gran escala en la producción de trucha arco iris a nivel nacional.

### 1.5. Objetivos

#### 1.5.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del reemplazo parcial de harina de pescado con harina de larva de mosca soldado negra (*H. illucens*) sobre la digestibilidad y el comportamiento productivo en alevines y juveniles en truchas arco iris (*O. mykiss*).

#### 1.5.2. Objetivos específicos

1. Determinar el coeficiente de digestibilidad aparente de los nutrientes en las dietas con diferentes niveles de inclusión de harina de larva de mosca soldado negra formuladas para alevines y juveniles.
2. Evaluar la ganancia de peso acumulada, tasa de conversión alimenticia y factor de condición de Fulton, en los alevines y juveniles alimentados con diferentes niveles de inclusión de harina de larva de mosca soldado negra.

3. Evaluar el mérito económico obtenido con el reemplazo de la harina de pescado con la harina de larva de mosca soldado negra en las dietas formuladas para alevines y juveniles.

#### 1.6. Hipótesis:

El reemplazo parcial de harina de pescado con harina de larva de mosca soldado negra (*H. illucens*), mejorarán el mérito económico, parámetros productivos y digestibilidad de nutrientes alcanzados en alevines y juveniles de trucha arco iris (*O. mykiss*).





**CAPITULO II**  
**MARCO TEÓRICO**

## CAPITULO II MARCO TEORICO

### 2.1. ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

#### 2.1.1. Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)

La trucha arco iris es considerada uno de los peces más distribuidos a nivel mundial, esto gracias a sus aptitudes productivas dentro de la acuicultura y a un amplio mercado ganado en el mundo debido a su alto valor nutricional (1)

##### 2.1.1.1. Clasificación taxonómica de trucha arco iris: (2)

REYNO	Animalia
PHYLUM	Chordata
SUBPHYLUM	Vertebrata
CLASE	Osteichtia
SUBCLASE	Actinopterygii
ORDEN	Salmoniformes
FAMILIA	Salmonidae
GENERO	<i>Oncorhynchus</i>
ESPECIE	<i>Oncorhynchus mykiss</i>
NOMBRE COMUN	Trucha arco iris

Cuadro 1 Clasificación taxonómica de trucha arco iris (2)

##### 2.1.1.2. ASPECTOS BIOLÓGICOS:

###### 2.1.1.2.1. Fenotipo e identificación:

La forma y coloración de la trucha arco iris puede variar de acuerdo al clima, ambiente acuático y estadio de madurez. En general tienen una forma salmoniforme con un espectro de coloración dorsal desde el azul verdoso hasta verde oliva, a esto se le suma unos abundantes puntos negros que pueden cubrir todo el cuerpo junto a una banda lateral característica color rosáceo (1).

###### 2.1.1.2.2. Ubicación nativa espacial:

La trucha arco iris es endémica del Oeste de Estados Unidos, nativa de los recursos loticos que se comunican con las costas del Océano Pacífico y desde 1874 se introdujo en aguas dulces de todos los continentes, excepto la Antártida (3).

**2.1.1.2.3. Factores de hábitat:**

La trucha arco iris se puede desarrollar en dos hábitats de importancia, el mar y el agua dulce, para la condiciones del mar se reportan pesos de 6 a 9 kg en un periodo de 3 años y para el agua dulce llega a pesos de 4.5 kg o más de acuerdo a las condiciones ambientales (3). Existen reportes hechos por Sedgwick (4) donde menciona pesos de hasta 9 kg en truchas arco iris en los andes de Sudamérica, lo que indica el potencial ambiental de estas zonas para la crianza de estos peces.

La temperatura habitable es por debajo de 21 °C, para lograr un crecimiento eficiente, siendo la recomendada de 10 °C a 15 °C, dependiendo del estadio de vida (3).

**2.1.1.2.4. Ciclo de vida y estados de desarrollo:**

Para las truchas que se encuentran en cautiverio, el ciclo de vida inicia desde la postura de las ovas, pasan a ser ovas ojo (eyed egg) para posteriormente eclosionar en larvas incapaces de nadar y dependientes del saco vitelino, al reabsorberse el saco vitelino comienzan a aceptar el alimento y a nadar pelágicamente convirtiéndose así en alevines, los cuales pasaran a una etapa de crecimiento hasta alcanzar el peso requerido en el mercado (5).

Para el caso de truchas silvestres el proceso es el mismo, variando en la adultez, ya que estas truchas llegan a ser maduros sexualmente y pueden reproducirse, lo que no ocurre en estado de cautiverio (5).

**2.1.1.2.5. Duración de los estados de desarrollo:**

La duración varía dependiendo del medio ambiente y las unidades térmicas acumuladas (UTA), lo que hará que la duración de la incubación sea más corta o larga. El ciclo se describe (5): Ovas fertilizadas de 12 a 40 días, ovas ojo de 14 – 45 días, larvas de 26 – 85 días, y alevines de 42 – 125 días, pasando por juveniles y crecimiento. Finalmente el estadio adulto se alcanza a los 3 años en el caso del macho y 4 años en el caso de la hembra.

**2.1.1.2.6. Alimentación:**

La alimentación varía dependiendo del estadio de madurez, desde que se restringe la alimentación del saco vitelino, los alevines inician a capturar alimento planctónico presente en la columna de agua. Podemos clasificar su estadio adulto como un pez eurífago carnívoro, esto debido a que consume una variedad de alimento mixta teniendo como base el consumo de proteína de origen animal (6).

Las especies principales en la dieta de la trucha arco iris engloban insectos como coleópteros, dípteros y larvas de lepidópteros cuando entran en contacto con el agua o sus cercanías, en cuanto a las dietas animales, depende del nicho ecológico donde se desarrolle la trucha, en Perú las principales especies la representan la ictiofauna alto andina *Orestias* y *Trichomycterus* (7).

**2.1.1.2.7. Reproducción:**

Para los lugares nativos de la trucha arco iris la reproducción es cíclica y se realiza una vez al año en una estación definida, garantizando así la supervivencia de la progenie (8).

Las características para la reproducción en la madurez sexual se demuestran en hembras con una coloración de la banda lateral acentuada, vientre abultado, poro genital tumefacto color rojizo y al hacer presión abdominal se expulsan las ovas fácilmente. Para el caso del macho demuestran un prognatismo mandibular y a la presión abdominal expulsan el semen fácilmente (9).

Las hembras y machos buscan lugares ubicuos para la reproducción que se da en invierno, que es cuando el oxígeno en el agua aumenta, siendo favorable para las ovas y futuros alevines. La hembra escarba con la aleta caudal la tierra y realiza la ovoposición, el macho procede con la espermiación y finalmente la hembra recubre las ovas con golpes a la tierra (8).

En la producción de truchas arco iris, la reproducción es manejada por las casas genéticas utilizando diferentes técnicas de control de sexo y esterilización de la progenie, con diferentes métodos como el control de la gametogénesis y el manejo hormonal, la forma más utilizada de esterilización hoy en día es la obtención de hembras triploides (10)

## 2.1.2. Mosca soldado negra (*Hermetia illucens*)

### 2.1.2.1. Clasificación taxonómica de *Hermetia illucens* (11)

REYNO	Animalia
PHYLUM	Arthropoda
SUBPHYLUM	Hexapoda
CLASE	Insecta
SUBCLASE	Pterygota
ORDEN	Diptera
FAMILIA	Stratiomyidae
GENERO	<i>Hermetia</i>
ESPECIE	<i>Hermetia illucens</i>
NOMBRE COMUN	Mosca soldado negra

Cuadro 2 Clasificación taxonómica de la mosca soldado negra (11).

Entre los insectos, la mosca soldado negra se posiciona como un candidato excelente por su composición nutricional, desde la calidad de proteína hasta elementos traza, todo esto convertido a partir de subproductos derivadas de otras producciones, lo que la convierte en una especie de alto impacto en el futuro de la producción de alimentos nutritivos, tanto para humanos como para animales (12).

### 2.1.2.2. Aspectos biológicos:

#### 2.1.2.2.1. Fenotipo e identificación:

Tienen una apariencia de avispa sin poseer aguijón ni aparato bucal desarrollado, pueden ser de color negro o azul, poseen dos ventanas translúcidas en el primer segmento abdominal, las antenas presentan tres segmentos y las patas cambian a una coloración blanquecina en la parte más distal. Normalmente suelen medir de 15 a 20 mm de largo (13).

#### 2.1.2.2.2. **Ubicación nativa espacial y distribución:**

La familia Stratiomyidae tiene un endemismo en Norte América, en el sudeste de los Estados Unidos llega a una población considerable en las estaciones de primavera y principios de otoño (13). Hoy en día, por causa antropológica logró distribuirse por regiones tropicales húmedas y subtropicales (14). Se llegó a registrar en España y Portugal en los años 1954 y 1995 respectivamente (15). Hoy día se encuentra en diferentes países del mundo, criada en cautiverio con fines productivos para la alimentación

#### 2.1.2.2.3. **Factores de hábitat:**

Se tiene como temperaturas optimas las que se sitúan en el rango de 24 a 29.3 °C y como humedad entre 50 a 99%, ya que posee una cutícula específica para este clima húmedo (14).

#### 2.1.2.2.4. **Ciclo biológico:**

- **Huevo:**

Las hembras depositan aproximadamente 600 huevos en zonas con hendiduras o grietas, que estén cercanas a la futura fuente de alimentación de las larvas, como materia orgánica en descomposición. Los huevos con forma de ovalo color amarillo pálido emergen después de 4 días a una temperatura de 24 °C (14).

- **Larvas:**

Tiene 6 fases o estadios larvarios, son caracterizadas por un crecimiento rápido y llegan a medir hasta 3 cm de longitud, presentando quetotaxia ventral como dorsal, necesaria para sobrevivir en un medio de baja luminosidad (16). Durante el último estadio (pre pupa) buscan un lugar seco y protegido, esta etapa está caracterizada por el endurecimiento y oscurecimiento de la cutícula, posterior a esto inicia el periodo de pupa, donde pierde por completo el movimiento y se desarrolla la morfología adulta (14).

- **Adultos:**

El periodo de pupa tiene una duración de dos semanas, al terminar emergen los adultos, que no necesitan alimentarse ya que dependen del alimento brindado en la fase larvaria (14). Los adultos tienen aproximadamente 5 a 8 días para aparearse y encontrar una zona confortable para realizar la postura de los huevos (17).

#### 2.1.2.2.5. **Alimentación:**

En general muchos insectos tienen un papel importante en la descomposición de materia orgánica, siendo estos los primeros vertebrados que colonizan la carcasa utilizándola como fuente de sustrato para garantizar la continuidad de su prole (16).

Muchos de sus usos críticos hoy en día están justamente como transformadores de biomasa, con intensa relación en el reciclaje, reutilización y reutilización de la biomasa residual de sistemas agroalimentarios (18). Como fuente de alimentación a pequeña escala se han utilizado estiércol, paja de arroz, granos de destilería, lodo fecal, despojos de animales y residuos de cocina, esto solo demuestra la gran capacidad de la mosca soldado negra en aprovechar una variedad de sustratos (19).

Debido a estos hábitos alimenticios durante su estadio larvario, la mosca soldado negra genera mucho interés en su explotación como una alternativa para hacer un manejo integral de los desechos y darles valor agregado como subproductos (alimento para animales, formación de compost y biocombustibles) (20).

Factor importante a tomar en cuenta es la calidad y cantidad de alimento que se brinda a las larvas, de esto depende el desarrollo que alcancen, es decir, la biomasa lograda tanto para la producción de larvas como para la producción de adultos, dependiendo del contenido nutricional del alimento se verá la cantidad necesaria de este para asegurar una biomasa aceptable para la explotación (14).

**2.1.2.2.6. Producción:**

La explotación de la mosca soldado negra es una alternativa de solución para muchas problemáticas que tiene el mundo actualmente, desde la producción de biodiesel hasta la producción de alimento de consumo humano directo.

Su uso como bioremediador de muchos procesos realizados por el hombre está siendo ampliamente estudiado, como se hizo en el tratamiento de residuos municipales de ciudades de baja y mediana población en Costa Rica (21).

Se reporta su uso como productor de biodiesel a través de un proceso de transesterificación de las larvas, disminuyendo así los costos de producción y el uso de materias primas vegetales (22). De igual manera se busca utilizar las larvas como tratamiento de productos biodegradables como el alcohol, ácidos orgánicos volátiles y aminas acumuladas en la fracción líquida producida por las industrias de producción de alimentos (23).

Actualmente, entre la producción de insectos, la larva de mosca soldado negra es la más explotada en sistemas de producción medianos a grandes. Muchas compañías producen larvas pero no publican la técnica que utilizan para lograr una producción a gran escala (24). Estudios sobre la tasa de alimentación larvaria, sobrepoblación relacionada a la densidad larval así como la capacidad de carga de los diferentes tipos de sistemas no han sido estudiados extensivamente, lo que hace que estos factores aun sean problemáticas para la producción a un nivel industrial (20)

El reporte más comprensivo de producción de larvas de mosca soldado negra a mediana escala utiliza como sustrato el subproducto del procesamiento del aceite de palma, mientras que otros reportan una buena biomasa de larvas usando como sustrato el estiércol porcino (24).

En forma general podemos clasificar la producción de mosca soldado negra en dos categorías, un sistema

extensivo donde se exponen los sustratos y se espera que las hembras de manera natural, realicen la ovoposición, aun es practicado en los lugares donde este díptero es endémico (24). Como alcance a este tipo de sistema, se demostró que las poblaciones de mosca soldado negra pueden alcanzar volúmenes altos que llegan a convertir la masa de excreta de gallinas en un medio líquido, impidiendo así que otras especies de moscas se desarrollen en ese ambiente (17). Por otro lado tenemos el sistema intensivo de mediana y gran escala, donde se crían adultos y larvas por separado, con sustratos específicos para lograr una mayor biomasa de larvas (24).

#### **2.1.2.2.7. Extracción larval o prepupal:**

Cuando se alcanzó el tamaño deseado se procede a hacer la extracción de las larvas, existen diferentes metodologías para poder realizar este procedimiento, desde rampas laterales hasta el uso de aumento de temperatura en la base del contenedor o la aplicación de agua en el sustrato, todo esto hace que migre la larva hasta las rampas laterales. La conducta migratoria fisiológica de la larva ayuda al procedimiento (24).

#### **2.1.2.2.8. Beneficio y secado:**

Se suele dejar a la larva en una ayuna de 24 horas con propósitos de limpiar el intestino, se mantienen en una dormancia a 4 °C sin pupar por muchos meses, esto favorece el almacenamiento prolongado de las larvas. El beneficio comúnmente usado es colocar las larvas en agua hirviendo y seguidamente hacerlas secar, dependiendo del sistema que se maneje, se pueden usar desde hornos hasta la luz solar para realizar el secado (24).

### 2.1.3. Acuicultura a nivel global:

La acuicultura es el termino aplicado al cultivo de especies acuícolas, englobándose en estas peces, crustáceos, moluscos y algas principalmente. La producción mundial de acuicultura ha crecido ampliamente los últimos años, mucho más rápido que la producción de animales granja y la pesca (otras fuentes de proteína animal), esto nos indica el gran impacto que tendrá esta industria en el futuro de la alimentación humana (25).

#### 2.1.3.1. Origen:

El origen de la Acuicultura viene algunos cientos de años después de la era Neolítica, donde se inició el cultivo de la carpa común (*Cyprinus carpio*) en China. Del mismo modo el primer texto atribuido a la acuicultura se da en China y es atribuido a un político, Fan Lei, y data alrededor de 500 a.C. (25). En este libro Fan Lei describe el proceso de construcción de un estanque, selección de reproductores, densidad de peces y técnicas de manejo del estanque (26).

En Egipto la principal especie cultivada fue la Tilapia, no existen documentos escritos pero si hallazgos en algunas tumbas que datan de 2000 a.C., donde existe figuras de tilapia. Respecto a la acuicultura Romana, se centraron principalmente en la trucha y la lisa, siendo estos los que proveían pescado fresco a la población, los reportes de estas prácticas se dan en el primer siglo antes de Cristo (26).

Finalmente en Europa, en el siglo XIV en adelante se empezó a mejorar las técnicas de producción de varias especies; Dom Pinchon, francés, posiblemente fue la primera persona en lograr la fertilización artificial de ovas de truchas, esta técnica fue mejorada por el alemán Stephan Jacobi. De esta manera Francia se considera la cuna de la acuicultura moderna (26).

En lo correspondiente a América, en el norte existen reportes en Hawai de sistemas organizados de acuicultura que datan de 400 años d.C., en el centro los Mayas desarrollaron sistemas de irrigación, hay evidencias que sugieren que en estos sistemas se atrapaban y cultivaban peces en los años 500 a 800 a.C. (26).

### 2.1.3.2. Especies producidas y diversidad acuícola:

En 2018, la FAO registro 622 especies acuícolas que actualmente se producen en diferentes partes del mundo, esta cifra se tiene que tener en cuenta que no considera muchas hibridaciones o especies que no han sido tomadas en cuenta, por lo tanto se piensa que existen muchas más en producción actualmente. De estas especies, la mayoría son de peces de aleta, siendo en menor número los crustáceos y moluscos (27).

La industria de la acuicultura es muy diversa, las podemos clasificar a gran escala como (25):

- Productores de alimento vivo para hatcheries
- Productores de especies ornamentales
- Productores de invertebrados y plantas para acuarios
- Productores de perlas y esponjas
- Productores de cocodrilos
- Productores especiales de ranas toros, erizos de mar y tortugas

Dentro de las principales animales explotadas a nivel mundial están los salmónidos, carpas, tilapias, pez gato americano, langostinos y finalmente moluscos bivalvos, la acuicultura que engloba peces de aleta marinos tiene una alta tendencia a incrementarse en los próximos años (25).

### 2.1.3.3. Producción actual:

El último reporte de la producción acuícola se dio en el 2018 por la FAO, reportando un record histórico de 114.5 millones de toneladas de peso vivo con un valor total de venta de 263 600 millones de dólares americanos. Esta cifra se forma a partir de la producción de animales acuáticos con 82.1 millones de tonelada, seguido por la producción de algas acuáticas con 32.4 millones de toneladas y finalmente las conchas marinas ornamentales y perlas con 26 000 toneladas, la producción se distribuyó de la siguiente manera (27):

- Peces de aleta, 54.3 millones de toneladas (139 700 millones de USD)
  - o Acuicultura continental, 47 millones de toneladas (104 300 millones de USD)

- Acuicultura marina y costera, 7.3 millones de toneladas (35 400 millones de USD)
- Moluscos, 17.7 millones de toneladas (34 600 millones de USD)
- Crustáceos, 9.4 millones de toneladas (69 300 millones de USD)
- Invertebrados marinos, 435 400 toneladas (2 000 millones de USD)
- Tortugas acuáticas, 370 000 toneladas (3 500 millones de USD)
- Ranas, 131 300 toneladas (997 millones de USD)

#### 2.1.3.4. **Sistemas de producción:**

La acuicultura al trabajar en diferentes ambientes que van, desde agua dulce hasta agua de mar, pasando por agua estuarina o salobre, tiene muchos retos para poder adecuar sistemas a cada uno de estos ambientes que afectan directamente a la fisiología del animal que se criará (28). Por lo tanto, la calidad de agua necesaria para determinada especie, tiene que cumplir los requisitos en cuanto a temperatura, oxígeno, solutos totales y pH para alcanzar el performance buscado en los animales o plantas. En general se pueden categorizar los sistemas de producción de la siguiente manera:

- **Sistemas abiertos:**

Estos sistemas recaen enteramente en procesos ecológicos naturales, la biomasa suele ser baja ya que tienen el oxígeno suficiente para pequeñas densidades de peces, producido naturalmente por el cuerpo de agua. De igual manera los productos de desecho son removidos por procesos naturales, el ciclo del nitrógeno se da de manera natural o es asimilado por las algas y la temperatura es ambiental. Estos sistemas abiertos probablemente son los más antiguos en la acuicultura, características de este sistema es que se necesita una inversión baja para montarlo, es más simple de manejar pero la biomasa alcanzada es baja y la bioseguridad pobre, a esto se le suma las pérdidas por predadores o por rupturas en el sistema que sin duda son una pérdida de toda

la biomasa producida (28). Estos sistemas suelen ser los más utilizados para el cultivo de moluscos, por su naturaleza filtradora, donde se necesita tener en consideraciones la velocidad de la corriente y el sustrato presente (3). El uso de jaulas balsa o jaulas flotantes esta englobado dentro de los sistemas abiertos, dentro de este método de crianza se puede mencionar las jaulas utilizaras para maricultura offshore, que son jaulas cerradas completamente y ubicadas en mar abierto con una estructura compleja para la protección contra depredadores (28). Otra clasificación para este sistema la da Lekang Odd (29), nombrándolo como extensivo, describiéndolo como un sistema que depende de los medios naturales para su éxito y con biomasa muy bajas con un objetivo de producción de autoconsumo o a pequeña escala sin una inversión grande.

- **Sistemas semiabiertos:**

En estos sistemas la naturaleza aun nos da los tres componentes básicos de producción, la temperatura, el oxígeno disuelto y la remoción de desechos; la diferencia radica en que este sistema tiene una infraestructura la que permite mejorar la eficiencia del manejo de desechos, de agregar o quitar agua (recambios), así las características de la infraestructura permitirán controlar mejor los parámetros físicos del agua maximizando la productividad, a esto se le suma el uso de alimento preparado o concentrado, como desventaja podemos mencionar que el nivel de bioseguridad es bajo y al incrementar la biomasa en el sistema, la enfermedad podría presentarse, además de tener un costo de inversión mayor a un sistema abierto (28). Ejemplos de este sistema son los diseños en estanques en tierra y raceways, la construcción de estanques suele tener una inversión grande en un inicio y deben tener características específicas para que funcione, una buena calidad de agua que entre por gravedad, un suelo con un contenido de materia orgánica que pueda soportar el ecosistema del estanque y suelo relativamente impermeable para que el estanque no pierda agua y no se seque (25).

- **Sistemas cerrados:**

En un sistema cerrado, todos los factores están manejados por el hombre, así la intervención humana es completa y el control de todo el proceso productivo es ampliamente supervisado, brindando control completo sobre las variables ambientales del cultivo, de esta forma se pueden lograr biomásas sumamente grandes, adecuando los parámetros del sistema y alcanzando el mayor performance de los animales en un ambiente confortable para ellos; incluso en el ámbito de salud y bioseguridad del cultivo, el agua es tratada por métodos físicos químicos y biológicos antes de entrar al sistema, además de tener infraestructura que garantiza la desinfección de materiales y equipos, contando con zonas específicas para la antisepsia del personal, garantizando así una bioseguridad alta. Una de las desventajas de este sistema es que tiene una inversión sumamente grande y que muchas veces es difícil de lograr rentabilidad si el mercado no paga el precio necesario del producto (28) .

- **Sistemas híbridos:**

Estos sistemas han sido abordados en los últimos años, estos toman diferentes aspectos de los sistemas mencionados y los combinan, tratando de sacar lo positivo de cada uno, ejemplo de estos sistemas son la acuaponía, los raceways hechos en estanques y el sistema de acuicultura partido (28). Aunque la acuaponía no es considerada dentro del ámbito de acuicultura neta por John Lucas (25), ya que en este sistema se cultivan plantas terrestres, y el significado de acuicultura estricto es el cultivo de especies acuáticas.

#### 2.1.3.5. **Revolución azul y sus limitantes.**

La revolución azul engloba todo el proceso de tecnificación y mejoramiento en la cadena productiva de la acuicultura, se le colocó este nombre, al igual que la revolución verde cuando sucedió el boom de la agricultura, la acuicultura sin dudas es la producción animal que brindará de proteína de calidad a la población en el futuro por lo tanto se tienen que cubrir muchas falencias y posibles problemáticas que afectan su expansión.

El crecimiento rápido de esta industria despertó problemáticas de contaminación ambiental, impactos en la biodiversidad, aparición de enfermedades emergentes o re emergentes (25).

Durante el proceso de la revolución azul la acuicultura debe evitar los mismos errores que cometió la agricultura durante su expansión, se debe hacer un abordaje holístico a las problemáticas actuales y adelantarnos a los futuros, haciendo así una acuicultura más sostenible creando sistemas más eficientes y desarrollar sistemas de manejo de riesgos en todo el sistema, para evitar enfermedades, rastros de antibióticos o químicos y garantizar la salud pública de la mano con la seguridad alimentaria (30).

La acuicultura tradicional, era compatible con la naturaleza, sin embargo, con la modernización y la aparición de los alimentos peletizados, crecieron las problemáticas ambientales tanto en cultivos en tierra como en costa, lagunas y mar abierto. Por lo tanto nos queda por mejorar los cultivos cercanos a cuerpos de agua, diseñando equipos y formas de darle un tratamiento al agua que se utiliza en los cultivos, antes de ser devuelta a la naturaleza, intentar hacer economía circular, uno de estos intentos es convertir los campos de arroz en China, en estanques para criar peces, disminuyendo la huella de carbono (footprint) de las dos producciones (31).

Una estrategia global enlazada y multifacética debe emplearse para asegurar la sostenibilidad de la producción de alimentos con el reto de alimentar a 9 billones de personas, la acuicultura es una de ellas, pero a esta se suma la obligación de disminuir los gases de efecto invernadero, no sacrificar la biodiversidad en busca de producción (32).

Una problemática es el uso de harina de pescado para la acuicultura, este es un eje principal a abordar para la revolución azul, que con incentivos económicos y regulatorios, la transición a otras fuentes de proteína en los alimentos para la acuicultura podría acelerarse y reafirmar que la acuicultura ayuda al océano y no lo depreda (33).

#### 2.1.4. Acuicultura en el Perú.

El Perú es un país rico en biodiversidad y ecosistemas, esto le da un potencial enorme para la industria acuícola, solo con mencionar que se cuenta con una cobertura marítima y costera amplia, variedad de ríos, lagunas y lagos, el clima tropical de la Amazonía; tenemos todos los ambientes ideales para la crianza de diferentes especies acuícolas.

En el Perú la acuicultura ha crecido durante los últimos años, alcanzando una cosecha total de 100.455 toneladas en el año 2017, esta cantidad representa un incremento de 0.26% respecto al año 2016, de esta cosecha alcanzada en el 2017 el departamento que produjo más fue Puno con 45 233 toneladas, seguida por Tumbes con 24 471 y finalmente Ancash con 10 347 y Piura 5048 (34).

En cantidades de venta interna de recursos hidrobiológicos procedentes de la acuicultura, la trucha lidera la lista de todas las especies con 51 844 toneladas, seguida por la Tilapia con 2 239 (34).

Dentro de las principales especies cultivadas tenemos la siguiente distribución (34):

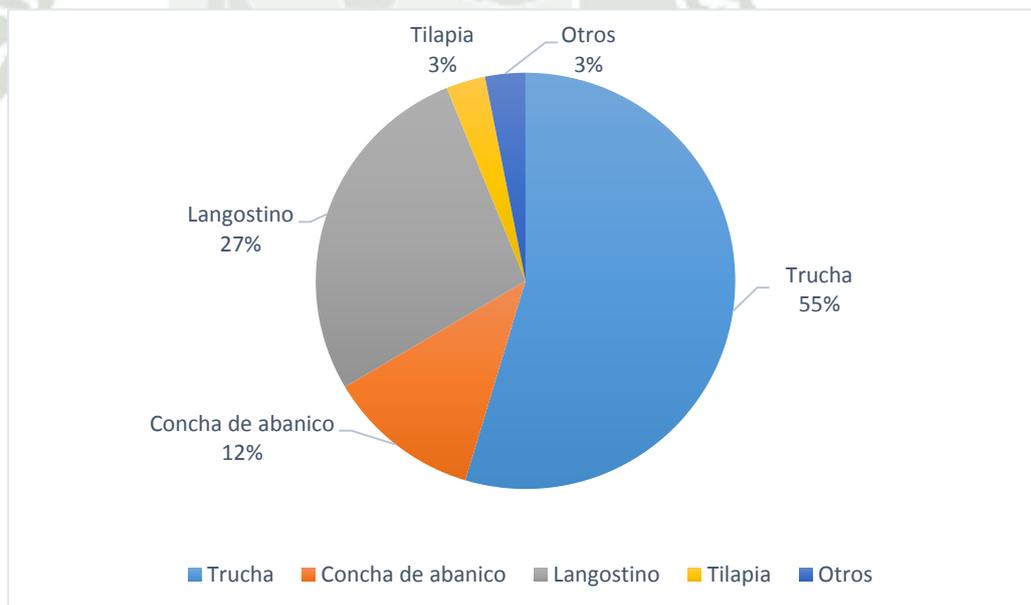


Gráfico 1: Cosecha de recursos hidrobiológicos procedentes de la acuicultura en el Perú (34).

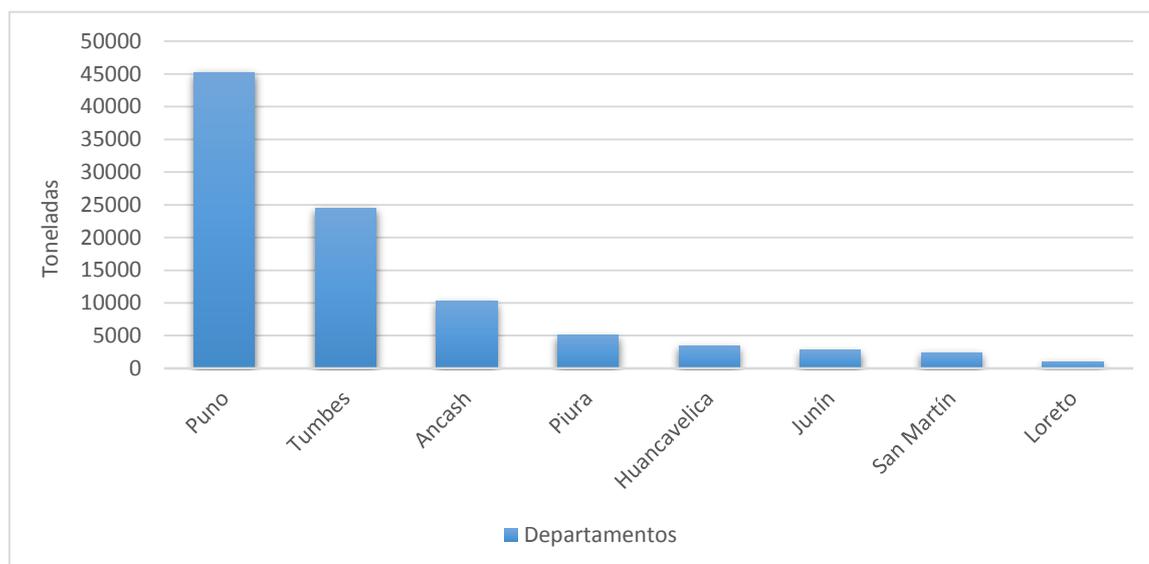


Gráfico 2: Distribución productiva de recursos hidrobiológicos por departamentos (34).

Como se puede observar, en el Perú la producción de trucha o truchicultura es la que lleva la delantera de la industria acuícola, a esto se suma que el principal departamento productor es Puno, con mucha diferencia sobre los demás, por este motivo la truchicultura es un sector importante para la economía y seguridad alimentaria nacional, por lo tanto, el adelantarse a las problemáticas del sector truchicola, es asegurar la continuidad del crecimiento de la industria acuícola en el país. Es necesario mencionar también que nuestro departamento Arequipa, no figura en las estadísticas debido a que aporta el 1% a la producción de truchas nacional (34), esto indica que se tiene que trabajar mucho tanto a nivel nacional como local.

#### 2.1.5. Cultivo de truchas en el Perú.

La trucha arco iris es una de las especies más importantes dentro de la industria acuícola peruana, esta ha sido y viene siendo producida a diferentes escalas, desde la zona alto andina más alta, garantizando seguridad alimentaria, con calidades para mercados internacionales (exportación) y para abastecer el mercado interno con platos del día a día y platos turísticos, además de garantizar una fuente de proteína de alta calidad y con bastante valor biológico.

La trucha arco iris llega por primera vez a Perú en 1925 por profesionales de la empresa Cerro de Pasco Copper Corporation con fines deportivos, de la misma manera luego de varios intentos establecieron un criadero

de truchas en la Oroya, intentando desarrollar estos primeros ejemplares en Perú. Luego de 5 años, en 1930 se dieron como regalo 50 ejemplares adultos de trucha al señor Juan Morales que con el manejo adecuado, logro llevar adelante su piscicultura que sería la primera oficializada por el gobierno del Perú, a partir de aquí, la trucha paso a diferentes departamentos donde hoy en día se produce o se pescan (35).

Ayala (35) nos dice que en el 2017 se contaba con 2.266 unidades acuícolas formales, de las cuales un 73.2% son producciones a mediana escala, el 26.4% son de subsistencia y solo el 0.4% son producciones a gran escala; lo que nos indica que la mayoría de productores no cuenta con la transferencia tecnológica necesaria para poder incrementar su producción. La producción de trucha ha ido incrementando en los últimos 11 años un total de 22.9% anualmente, siendo Puno el principal departamento productor, seguido por Huancavelica y Junín (35).

#### **2.1.5.1. Sistemas de producción:**

Los sistemas de producción de truchas que se utilizan en Perú varían de acuerdo al medio ambiente y la tecnología utilizada en la unidad productiva acuícola. Ya que la mayoría de unidades productivas son a mediana escala o de subsistencia, los sistemas de producción suelen ser los que menos inversión necesitan y sin un control completo sobre la temperatura, la calidad de agua y la remoción de desechos. De este modo vemos que se utiliza bastante el sistema semiabierto o abierto, por lo tanto, la producción de truchas se da en jaulas flotantes en lugares donde se cuenta con un recurso hídrico lentic (lagunas), y para el caso de recursos hídricos loticos (ríos y agua subterránea) se utilizan estanques, que pueden ser de concreto, de mampostería de piedra o de tierra (36).

Para las salas de incubación o de re incubación, la infraestructura es cerrada, ya que es un proceso muy delicado por lo tanto se debe tener el control de depredadores y utilizar equipos necesarios, para esto, se utilizan bastidores o canastillas incubadoras y artesas para el crecimiento de los alevines (37). En el Perú existen pocos lugares donde se haga una incubación a partir de reproductores nacionales, normalmente dependemos de la importación de ovas mejoradas provenientes de Estados Unidos, España o Francia, el beneficio de estas semillas es el

mejor performance alcanzado y la población triploide, es decir, población sexada (hembras) estériles (38).

Es necesario mencionar que las unidades productivas a gran escala, también manejan sistemas abiertos o semiabiertos, sin embargo, con la ayuda de la tecnología tienen un mejor manejo de la población, desde el tipo de alimento hasta la bioseguridad tienen un nivel más alto, lo que les permite alcanzar volúmenes de biomasa altos y aptos para exportación.

#### **2.1.5.2. Alimentación:**

La alimentación es una parte fundamental en cualquier producción animal, en el Perú, casi todo el alimento es extruido y es comprado a empresas distribuidoras.

El alimento destinado para acuicultura se puede clasificar como peletizado y extruido, habiendo obvias diferencias entre ellos. Para el alimento peletizado, los insumos son sometidos a todo un proceso térmico con humedad calor y presión mecánica, dándole así una forma cilíndrica con diferentes diámetros, estos son fáciles de desintegrarse. Para el alimento extruido, los insumos pasan de igual manera por un proceso término, con la suma de una cocción de los almidones, lo que le da una mayor estabilidad y evita su rápida desintegración, además de proveer un tamaño uniforme al alimento, a esto se suma una mayor flotabilidad, debido a una expansión interna con aire debido al proceso de extrusión (39). Estos procesos físicos son determinantes al momento de evaluar la performance de un alimento.

Como se sabe hasta un 75% de los costos de producción son utilizados en la compra de alimento; así para alimentar a los peces hay diferentes técnicas, desde las automatizadas hasta las manuales, en las unidades productivas de gran escala en el mundo se utiliza la automatizada con raciones pre determinadas; en Perú se utiliza la técnica manual en boleo (regar alimento a todo el estanque) y es la que recomienda del Valle Oscar (36), ya que así se tiene un control criterial sobre el consumo, para tomar decisiones.

Los programas de alimentación se manejan en base a la biometría de los peces, calculando así la biomasa total de cada estanque y brindando un % de alimentación de acuerdo a la biomasa total y

a la temperatura promedio del estanque. La frecuencia de alimentación está determinada por la clasificación productiva de los peces, como se muestra en la siguiente tabla (36):

Peso (g) desde:	Peso (g) hasta:	Frec. alimentación
Post – Larvas	1	10 – 15
1	5	8 – 10
5	25	4 – 6
25	66.6	3 – 4
66.6	Comercialización	2 – 4
100 – 130	Comercialización	2 – 4
≥ 500	Fin de su ciclo reproductivo	2

Tabla 1: Tabla de alimentación en trucha arco iris según peso (36).

Tipo de alimento	Peso unitario (g)		Tiempo estimado de uso	Tamaño de la partícula (mm)
	Desde	Hasta		
Trucha inicio 1	Post - larvas	1	45 días	1.5 x 0.8 Lento hundimiento
Trucha inicio 2	1	5	55 días	1.5 x 2.0 Lento hundimiento
Trucha crecimiento 1	5	25	2 meses	2 x 3 flotante
Trucha crecimiento 2	25	66.6	2 meses	3.5 x 4 flotante
Trucha engorde	66.6	Comercialización	4 meses	5 x 6 flotante
Truchas acabado pigmentado	100 – 130	Comercialización	45 – 60 días	5 x 5 flotante
Trucha reproductores	≥ 500	Fin de su ciclo reproductivo	2 a 4 años	9 x 5 flotante

Tabla 2: Tabla de alimentación en trucha arco iris según tipo de alimento (36).

### 2.1.6. Nutrición y alimentación de peces.

Existen comparaciones notorias de la alimentación de los peces respecto a los animales de sangre caliente producidos en tierra, estos incluyen los nutrientes que aportan los microorganismos acuáticos en estanques de cultivo, los efectos del alimento en la calidad del agua y las pérdidas de nutrientes por lixiviación si el alimento no se consume rápidamente, así queda claro que el concepto ad libitum no se puede aplicar en acuicultura (40).

Desde el aspecto de la ictiología, los peces tienen una habilidad sorprendente de adaptar su tracto digestivo rápidamente, al igual que revertir este cambio; y esto ocurre gracias a los cambios en el medio ambiente donde viven, ejemplos de esto son los peces anádromos o catádromos, igual que los peces amazónicos que por cambios sesionales se ven forzados a cambiar de alimentación drásticamente, muchos son los mecanismos que permiten estos cambios, desde mensajeros químicos hasta enzimológicos, esto hace a las especies acuícolas, una potencialidad de estudios para el futuro, principalmente a nivel productivo en diferentes ambientes, aprovechando la plasticidad alimenticia con la que cuentan (41).

#### 2.1.6.1. Tracto digestivo:

Podemos clasificar a los peces como carnívoros (consumen peces o invertebrados grandes), herbívoros (consumen principalmente plantas), omnívoros (consumen una dieta mixta) y detrívoros (consumen detritos). Sin embargo Moyle (6) hace una clasificación de mayor nivel en eurípagos (tienen dieta ampliamente variada), estenofagos (tienen dieta muy limitada) y monofagos (tienen una sola dieta). Por lo tanto, sistematizar esta clasificación sería lo más aceptable al momento de clasificar una especie. Un punto importante es que muchos peces varían de alimentación de acuerdo a su estado de desarrollo, por lo tanto, la clasificación debe ser sistemática y flexible.

Se entiende que el tracto digestivo es básicamente una estructura tubular que pasa a través de todo el cuerpo del pez, que usualmente es dividido en regiones características como boca, arco branquial, esófago, estómago, intestino medio, intestino distal y cámara de fermentación (41).

**2.1.6.1.1. Boca:**

La posición de la boca está directamente asociada con los hábitos alimentos y la posición en la columna del agua, esta puede estar en posición ventral (peces bentónicos y rayas), terminal (peces néctonicos) y finalmente direccionado dorsalmente (peces de superficie como *Osteoglossum spp*) (42).

Respecto a la cavidad bucal, se tiene registro de diferentes tipos de dientes, de nuevo, de acuerdo al estilo alimenticio que llevan los peces, así podemos clasificarlos como dientes caniformes, villiformes, incisiformes y molariformes. En algunos casos presentan dientes en el paladar (*Pygocentrus spp*) o externos a la boca (*Roeboides spp*) y algunos presentan dientes faríngeos como el caso de la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*) (42).

**2.1.6.1.2. Esófago:**

Normalmente es pequeño y amplio, presenta musculatura estriada que puede contraerse a voluntad que permite que los peces regurgiten el alimento cuando no es del tamaño o textura debida o es no palatable, posee amplias células mucosas y en algunos peces de agua dulce tiene el esfínter del cardias, para evitar el ingreso de agua (43).

**2.1.6.1.3. Estómago y bulbo intestinal:**

Respecto al estómago, los peces se pueden clasificar en dos grandes grupos en base a la presencia o ausencia de este. Por ejemplo la ausencia de estómago es característica de lampreas, quimeras y muchos peces herbívoros (*Cyprinidae*, *Cyprinodontidae*, etc), en lugar de este poseen una estructura en forma de saco distendido conocido como bulbo intestinal. En el bulbo intestinal existe una función parecida a la de un estomago verdadero, cumpliendo funciones de almacenamiento y secretadora de mucus (41).

En peces con presencia de estómago, este varia en tamaño, forma y estructura de acuerdo a la duración entre alimentos y la naturaleza de su dieta. En general un

estomago debe poseer una línea celular diferente del tracto digestivo, que pueda secretar ácido y tener algunas enzimas digestivas como la pepsina (41). La forma se puede clasificar en cinco categorías de acuerdo a su apariencia morfológica:

- Tubo recto (Pleuronectidae)
- Forma de U (Salmonidos)
- Forma de V (Mugilidae, Plecoglossidae)
- Forma de Y (Clupeidae)
- Forma de I (Carangidae, Serranidae)

La anatomía microscópica es igual a los estómagos tradicionales, teniendo una mucosa, submucosa, muscular y serosa. El pH de los estómagos varía según especie, por ejemplo, los salmónidos tienen una acidez entre 3.0 a 4.5; y respecto al microbioma estomacal, no se ha investigado mucho y se tiene pocos reportes (41).

#### **2.1.6.1.4. Ciego pilórico:**

En determinadas especies, en la parte anterior al intestino, en la región pilórica existe un desarrollo de estructuras parecidas a dedos sobresalientes, este es el ciego pilórico o ciego intestinal. El número de protuberancias y el tamaño varían de acuerdo a la especie, siendo ausente o reducida en especies omnívoras y herbívoras, la principal función que se le atribuye es aumentar la superficie de absorción para el alimento, se cree que su presencia o ausencia no tiene correlación con la naturaleza del alimento o los hábitos alimenticios de las especies (41).

Embriológicamente es equivalente al páncreas exocrino y tiene un rol enzimático parecido, es decir, produce gran cantidad de tripsina, quimiotripsina, carboxipeptidasa, amilasas, lipasas y quitinasas (43).

#### **2.1.6.1.5. Intestinos:**

Los intestinos cumplen numerosas funciones en los peces, además de la principal que es digerir y absorber, es esencial para la osmoregulación del pez, siendo crítica para el balance de agua y electrolitos, además de ser una

barrera inmunológica. Los intestinos de los peces varía en tamaño de acuerdo a la especie y sus hábitos alimenticios, se puede clasificar en un intestino anterior, medio y posterior; siendo el posterior el más importante ya que es el área donde más absorción de nutrientes se realiza. Respecto al tamaño y particularidades, los herbívoros y detritívoros suelen tener un intestino sumamente largo en relación a su cuerpo, esto para mejorar la eficiencia de absorción y digestión, por otro lado los peces carnívoros tienen intestinos cortos, por ejemplo, los salmonídeos (41). La parte final del intestino, es decir el recto, es claramente distinguible por la presencia de la válvula ileorectal, caracterizada por una capa muscular dura y con presencia de abundantes células mucosas (43).

#### **2.1.6.1.6. Hígado y páncreas:**

El hígado de los peces varía de acuerdo a la especie, algunos con lóbulos y otros sin lobulaciones, en la micro anatomía, la estructura lobular acinar típica del hígado de altos vertebrados no se encuentra presente. Su función de producción de sustancias emulsificantes para la digestión de lípidos es esencial en el proceso digestivo de los peces; por otro lado tiende a ser adipogénico igual que los mamíferos y también sirve para almacenar glucógeno (43) (44).

#### **2.1.7. Fisiología digestiva:**

Dentro de la fisiología digestiva existen muchas similitudes con los grandes vertebrados, sin embargo, siempre existen particularidades dependiendo de la especie siendo algunas extremadamente genuinas.

La digestión es el proceso de ruptura química y mecánica del alimento, para convertirlo en pequeños componentes que puedan ser absorbidos por el epitelio intestinal. Para lograr este proceso es necesaria una interacción de enzimas digestivas y otros componentes secretados por varios órganos y tejidos del tracto alimenticio (45).

Los peces no poseen glándulas salivares pero si células salivares dispersas en todo el epitelio del tracto digestivo anterior, a esto se suma una inmensa cantidad de mucina segregada por todo el tracto digestivo

en diferentes cantidades, que ayudan de forma física, química a la digestión, además de ser una barrera inmunológica (45).

En el estómago las células oxynticopepticas producen el ácido clorhídrico y el pepsinógeno, componentes esenciales para la digestión, la ubicación glandular del estómago es esencialmente en el fundus y el área pilórica (45).

Al pasar el quimo al intestino, es inmediatamente combinado con sustancias alcalinizadoras (bicarbonato y electrolitos) provenientes del intestino, páncreas, hígado y vesícula biliar; este cambio de pH permite que las enzimas pancreáticas e intestinales puedan realizar sus funciones catabolizadoras con el alimento. Aquí el bicarbonato juega un rol importantísimo osmoregulatorio en peces marinos ya que también permite una correcta absorción del agua e iones (45).

El ácido biliar está compuesto por el ácido cólico y quenodesoxicólico, que son sustancias con una gran capacidad detergente, que permiten la emulsificación de los lípidos en el proceso digestivo, estos ácidos primarios, junto con el ácido tauro cólico y tauroquenodesoxicólico al pasar al intestino pueden convertirse en ácidos biliares secundarios por acción bacteriana u enzimática; a través del sistema entero – hepático estos ácidos son reabsorbidos en el intestino posterior (45).

Las células acinares del páncreas exocrino tienen gránulos de zimógeno que contienen muchas enzimas digestivas, las que son vertidas en el jugo pancreático y son esenciales para una correcta digestión del alimento; al igual que en vertebrados superiores, la tripsina y lipasas son las principales, sumándose a estas la alfa amilasa. A este quilo intestinal se suma la quitinasa y celulasa, completando así el paquete enzimático (45) (41).

#### **2.1.7.1. Digestión de proteínas:**

Las proteínas son estructuras complejas constituidas por polipéptidos, estos a su vez compuestos por la unión de muchos aminoácidos. La mayoría de alimentos tiene una variedad de proteínas, al igual que el alimento formulado, estos varían ampliamente en la proporción de aminoácidos que tienen y obviamente en su digestibilidad. El proceso de digestión inicia tempranamente con la secreción de ácido clorhídrico y pepsina en peces con estómago, esta hidrólisis se da en una solución ácida y continuara con las enzimas proteolíticas presentes en los jugos

digestivos (tripsina, quimotripsina) hasta el punto de tener un peso molecular adecuado para el transporte a través de los enterocitos. Las enzimas que catalizan el proceso de digestión de péptidos que contienen más de tres aminoácidos son las carboxipeptidasas, aminopeptidasas y endopeptidasas (45).

#### **2.1.7.2. Digestión de carbohidratos:**

Los carbohidratos son estructuras complejas formadas por la unión de monosacáridos de diferentes formas, siendo la unidad principal, la glucosa. Los peces obtienen carbohidratos de muchas fuentes en su alimentación, desde fitoplancton hasta la glucosa del musculo de presas, pasando por algas y crustáceos. La mayoría de ellos son polisacáridos, como celulosa, hemicelulosa, alginatos, pectinas, mucilagos y quitina. Todos los peces pueden digerir carbohidratos, con diferentes grados de digestibilidad. La hidrólisis inicia con la alfa amilasa pancreática y continúa con la alfa amilasa intestinal; una vez hidrolizados los oligosacáridos, sus constituyentes se hidrolizan a través de la maltasa, sucrasa y trehalasa. Algunos polisacáridos como el glucógeno y el almidón no son digeridos por enzimas digestivas pero la microbiota del intestino distal, secreta polisacaridasas que permiten su uso en el pez. Es importante recordar que los niveles de estas enzimas varían entre las especies de acuerdo a sus hábitos alimenticios y que los carbohidratos utilizados en raciones, son monosacáridos altamente digestibles (45).

#### **2.1.7.3. Digestión de lípidos:**

Los lípidos son polímeros formados a partir de la unión de ácidos grasos. Los principales lípidos en la dieta de los peces son los fosfolípidos, triglicéridos y ésteres de cera. Los ester de cera se pueden encontrar en crustáceos como reserva de energía, los triglicéridos están en la mayoría de peces presa y son los que se usan en las dietas formuladas. El proceso de digestión inicia en el estómago, la hidrofobicidad de los lípidos hace que se agreguen en gotas y sustancias emulsificadoras como los fosfolípidos y proteínas anfífilas que son parte de la dieta, ayudan como sustrato para estas gotas y pueda actuar las lipasas en el intestino, así la hidrólisis inicia cuando el quimo llega al intestino proximal y se junta con los jugos biliares y pancreáticos,

obteniendo así ácidos grasos libres, glicerol y lisofosfolípidos que son absorbidos por los enterocitos. Anexo a esto se pueden absorber junto con las micelas, compuestos lipofílicos como vitaminas solubles en lípidos, carotenoides y colesterol. Es necesario mencionar que los peces pueden digerir todas las categorías de lípidos (45).

#### **2.1.7.4. Digestión de minerales y vitaminas:**

Respecto a las vitaminas liposolubles (A, D, E, K), la digestión se lleva a cabo junto con las micelas de los lípidos del alimento, por lo tanto cualquier factor que no permita la emulsificación de las grasas, también interferirá en la digestión de las vitaminas liposolubles y carotenoides. Respecto a los minerales es parecida a los mamíferos, en el alimento estos pueden estar en forma solubles, disociados, sales sólidas. La digestión de los minerales depende mucho de los ligandos, de la forma química, concentración y valencia; así como de otros compuestos presentes en el quimo, que puede unirse a ellos y que ayudan a su digestión o en otros casos la evita y finalmente depende mucho de la producción de proteínas portadoras de minerales en el pez (45).

#### **2.1.7.5. Digestión microbial:**

El microbioma intestinal en los peces se viene estudiando ampliamente, en el proceso digestivo entran en juego dos tipos de bacterias, las aloctonas presentes en el quimo y las autóctonas presentes en las paredes intestinales, las dos pueden hacer una digestión de compuestos indigeribles para el pez, dejando como metabolitos compuestos que el pez si los puede utilizar. Se ha demostrado que el intestino distal tiene mucha mayor población de bacterias que el intestino anterior, en variedad y en número de colonias; mucho de este microbioma depende del ambiente acuático donde vive el pez y sus hábitos alimenticios, así los peces herbívoros tienden a tener una digestión microbial más amplia que los peces carnívoros (44).

### **2.1.8. Digestibilidad y biodisponibilidad de nutrientes:**

Podemos definir a la digestibilidad, como una medición de los nutrientes “desaparecidos”, es decir, es la cantidad de nutrientes que pasa por el sistema digestivo y que no es excretado, por lo tanto se afirma que fue absorbido y será utilizado por el organismo concluyendo así que es la disponibilidad verdadera de nutrientes presentes en el alimento que puede aprovechar el pez (44).

#### **2.1.8.1. Digestibilidad de proteínas:**

La digestibilidad de las proteínas es ampliamente variable, ya que son compuestos complejos, el nivel de hidrolisis que sufren definirá la cantidad de aminoácidos que liberen, de igual manera, dependerá del tipo de proteína y los enlaces que tengan los aminoácidos presentes en ella (44). Los diferentes procesamientos que se aplican en las harinas que se utilizan como fuentes proteicas en la producción animal, ayudan a su digestibilidad (39). Para las fuentes proteicas de origen vegetal, existen dificultades para su uso en acuicultura, ya que las proteínas están protegidas y disminuyen ampliamente su digestibilidad, además de contener algunos factores anti-tripsina, la reacción de Maillard (Browning) también es un efecto indeseado en el procesamiento de las harinas proteicas vegetales para su uso con fines en acuicultura, además de que algunas especies carnívoras, como la trucha arco iris son poco tolerantes a estos alimentos (44).

#### **2.1.8.2. Digestibilidad de aminoácidos:**

Los valores de digestibilidad de los aminoácidos varían enormemente entre ellos en un alimento dado, sin embargo, se podría considerar que la digestibilidad de proteínas en un alimento es la suma fraccional de la digestibilidad de sus aminoácidos así como los compuestos nitrogenados que contenga (44). Es importante tener en cuenta que la digestibilidad de determinado aminoácido depende ampliamente de su procesamiento, además de las interacciones que tienen dentro del intestino.

### 2.1.8.3. Digestibilidad de energía y carbohidratos:

Tanto las proteínas, lípidos y carbohidratos aportan energía al pez, en diferentes proporciones, por lo tanto, la digestibilidad de la energía en un alimento, es la suma fraccional de los valores energéticos obtenidos por las proteínas, lípidos y carbohidratos (44).

Los carbohidratos son un grupo amplio de azúcares que varían en la complejidad de su estructura, siendo así, algunos con digestibilidad moderada, otros con poca y algunos con nula; al igual que cualquier alimento, el procesamiento previo ayuda a elevar los niveles de digestibilidad, sin embargo, existe una amplia variabilidad entre los niveles ofrecidos en la fórmula así como diferencias entre especies (44). Se introdujo almidón en diferentes niveles y de diferentes fuentes vegetales en los alimentos para peces, viendo así una amplia mejoría de la digestibilidad en almidones gelatinizados además de tener en cuenta el tamaño granular del almidón, y la proporción amilasa: amilopectina (44). Para la trucha arco iris se encontró que el almidón de avena es ampliamente digestible, en contraste al almidón de trigo, además de no encontrarse diferencia significativa entre agua salada o agua dulce en la digestibilidad de carbohidratos, como si se encontró en el Salmon del atlántico.

### 2.1.8.4. Digestibilidad de fibra:

La fibra comprende un grupo de polisacáridos no almidonosos como la celulosa, hemicelulosa, B-glucanos, pectinas. La fibra es indigestible para casi todos los peces usados en acuicultura, a excepción de la carpa (*Ctenopharyngodon idella*) que tiene un grado de digestibilidad, sin embargo, aún no se ha comprobado si esta es por una actividad enzimática propia o por degradación bacteriana y si el bioma es parte del pez o de su entorno, ya que el microbioma de un pez depende ampliamente del lugar donde se encuentre por su íntima interacción con el medio acuático (44).

### 2.1.8.5. Digestibilidad de lípidos:

La digestibilidad aparente de los lípidos depende en amplia medida del grado de saturación que tienen, siendo así, los ácidos grasos insaturados de una doble unión de carbono o más de dos, tienden a tener más digestibilidad que los ácidos grasos saturados

tanto para peces de agua fría como agua templada (44). Se vio una tendencia de aumento de digestibilidad al combinar en determinada proporción ácidos grasos saturados, con mono insaturados y poliinsaturados, aumentando así la digestibilidad de los ácidos grasos saturados, por ejemplo, combinación de soya y aceite de pescado (44).

#### **2.1.8.6. Digestibilidad de minerales:**

La digestibilidad de los minerales que son ofrecidos a los peces dependen ampliamente de la forma química en la que se encuentran, prefiriéndose así las formas que puedan disociarse rápidamente en el ambiente del estómago o en ambientes de peces sin estómago, de esta forma la forma de cloruros es ampliamente digestible en diferencia a los óxidos. El fósforo es el único mineral que representa un reto para la formulación de raciones, ya que su disponibilidad y digestibilidad es afectada por otros componentes como el calcio, que está en grandes cantidades en la harina de pescado y residuos de peces frescos, afectando la digestibilidad del fósforo de 70 a 25%.

Medir la digestibilidad de los diferentes minerales es complicado en peces marinos ya que toman minerales de fuentes no dietarias y por su activa excreción en el intestino que realizan para mantener su balance osmótico (44).

#### **2.1.9. Factores que afectan la digestibilidad de nutrientes:**

Existen diversos factores que modifican la digestibilidad de los nutrientes, desde la forma de la presentación, pasando por el procesamiento previo y terminando en las interacciones con otros nutrientes que pueden impedir su digestibilidad en cantidades determinadas, se debe tener en cuenta también el ambiente acuático (marino o dulceacuícola) así como la temperatura del agua y finalmente, la especie de pez.

En general, la extrusión es el proceso más recomendado para los alimentos destinados a acuicultura, ya que aumenta la digestibilidad de algunos nutrientes, como los almidones, de igual manera, depende mucho del condicionamiento, temperatura, tiempo y presión usada durante la extrusión (44).

### 2.1.10. Métodos de determinación de la digestibilidad aparente de nutrientes en peces:

#### 2.1.10.1. Método directo:

Este utiliza cámaras de metabolismo donde miden todo el alimento consumido en un tiempo determinado y colecta toda la excreción fecal, urinaria y branquial. Se hace una resta de las cantidades de excretadas con las cantidades consumidas, como es un proceso que analiza todo el agua, no hay pérdida por difusión, sin embargo, este método es ampliamente estresante para los peces y comprometer el experimento (44) .

#### 2.1.10.2. Método indirecto:

Este utiliza un marcador indigestible, incluido en la dieta en concentraciones de 0.5 a 1%. La digestibilidad del nutriente seleccionado se determinar por diferencia entre la concentración del marcador en el alimento y las heces junto con el nutriente; la fórmula para calcular el coeficiente de digestibilidad aparente a través del método indirecto es la siguiente (44):

$$CDA = 100 - \left( 100 \times \frac{\% \text{ marcador en alimento}}{\% \text{ marcador en heces}} \right)$$

Fórmula tomada de Hardy (44)

La fórmula sufre una pequeña variación cuando se busca obtener el coeficiente de digestibilidad aparente de un nutriente en específico:

$$CDA = 100 - \left( 100 \times \frac{\% \text{ marcador en alimento}}{\% \text{ marcador en heces}} \times \frac{\% \text{ nutrientes en heces}}{\% \text{ nutrientes en alimento}} \right)$$

Fórmula tomada de Hardy (44)

Finalmente para calcular la energía bruta digestible se utiliza la siguiente formula:

$$ED = EB \text{ alimento} \times CDA \text{ EB} (\%)$$

Fórmula tomada de Hardy (44)

### 2.1.11. Insectos en la alimentación de peces:

Los insectos son el grupo de animales más diversos en el mundo, forman la dieta natural de muchos peces carnívoros y omnívoros especialmente en su etapa de larva y alevinaje, están ubicados en todos los ambientes acuáticos del mundo, hasta en el mar existen solo algunos géneros (*Halobates*, *Hermatobates*, *Halovelía*). Para complementar esto, tienen una calidad nutricional excepcional, además de variable, principalmente en los aminoácidos y ácidos grasos (46).

#### 2.1.11.1. Insectos como presa natural de los peces:

Los peces y otros vertebrados tienen un órgano bucal adaptado para seleccionar presas de insectos, algunos con dientes especializados para pequeños insectos (*Labidochromis velicans*), otros utilizan los rastrillos branquiales como filtro (*Polyodon spathula*). Algunos tienen bocas amplias para poder inhalarlos (*O. mykiss*) (46). El resto del tracto digestivo también ha sido adaptado para este tipo de dieta natural, ya que la presencia de la enzima quitinasa ayuda a la digestión de insectos, esta es producida en las glándulas gástricas y páncreas.

En palabras generales, todos los peces pueden comer insectos mientras la fuente de alimento sea abundante, todas las adaptaciones mencionadas nos hacen pensar que los insectos son presas naturales de los peces desde tiempos pre históricos (46).

#### 2.1.11.2. Contenido lipídico y proteico de harina de insectos:

Los insectos son buena fuente de proteína, lípidos, vitaminas y minerales, por ejemplo la cantidad de proteína cruda para la mosca soldado negra (*H. illucens*) va de 307.5 a 588.0 g kg<sup>-1</sup> y para el *Tenebrio molitor* va de 83.0 a 598 g kg<sup>-1</sup>; para la mosca doméstica (*Musca domestica*), 286.3 a 704.0 g kg<sup>-1</sup>, para el escarabajo *Zophobias morio* de 69.0 a 502.7 g kg<sup>-1</sup> y finalmente para el grillo doméstico *Acheta domesticus* cantidades de 88.0 a 641.0 g kg<sup>-1</sup> (46). Las mismas variaciones ocurren en la grasa cruda, teniendo para la mosca soldado negra 113.0 a 407.0 g kg<sup>-1</sup> y para el *T. molitor* una cantidad de 79.0 a 240.0 g kg<sup>-1</sup>. Estas variaciones dependen mucho del sustrato en el que se desarrolló la larva, así como el estadio de vida de la larva antes de ser procesada (46). Al tener varias variables que afectarán la

cantidad nutricional de la harina de insectos, lo recomendable es estandarizar los procesos de producción para así tener cantidades nutricionales estandarizadas. Como menciona Jonas y Martínez (47), más que la cantidad de proteína cruda obtenida en los insectos, se debe obtener los perfiles de aminoácidos de estos, y sobre todo la digestibilidad para ver en realidad cuanto valor biológico tienen estos alimentos. Existen algunos pocos estudios de digestibilidad en la nutrición de peces con insectos que fueron utilizados como fuente de proteína y energía, para esto la mosca soldado negra (*H. illucens*) ha obtenido buenos resultados digestibles de 81 hasta 97% (46), viendo que a mayor inclusión en la dieta, menor la digestibilidad:

### 2.1.11.3. Perfiles de aminoácidos en harina de insectos:

En general los peces tienen 10 aminoácidos limitantes, es decir que son indispensables y que su organismo no puede sintetizarlos, por lo tanto necesitan que sean introducidos en la dieta, estos son: Arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina. Como se mencionó antes, la disponibilidad de nutrientes en los insectos depende de su estado de desarrollo (larva, pupa, prepupa, imago) el tipo de dieta que llevan y las condiciones en las que crecen, sin embargo, todo parece indicar que los aminoácidos que más variaciones tienen son los aminoácidos no esenciales o no limitantes (46).

- **Arginina:**

En la harina de insectos demuestra una variabilidad amplia desde 1.94 hasta 6.06 g 100 g<sup>-1</sup>, sin embargo, hasta cantidades disminuidas de este aminoácido no afectan el crecimiento de la trucha arco iris, además de tener amplia digestibilidad desde 91% hasta 98.1% que claramente depende de la cantidad de inclusión de harina de insecto y de la edad del pez (46).

- **Histidina:**

Su contenido varía de 1.06 hasta 3.01 g 100 g<sup>-1</sup>, de igual manera los crecimientos óptimos se consiguen con 1.58 g 100

$g^{-1}$ , pero se nota una variabilidad en la digestibilidad de 89% hasta 98.1% (46).

- **Isoleucina:**

El contenido de este aminoácido fluctúa de 1.06 hasta 3.23 g  $100 g^{-1}$ , siendo estos valores suficientes para cubrir las demandas de los peces, la digestibilidad varía de 87.5% hasta 98.0% (46).

- **Leucina:**

Tiene una variación de 2.18 hasta 6.66 g  $100 g^{-1}$ , todas las harinas de insectos tienen valores altos de este aminoácido y cubren las necesidades vitales de los peces. Su digestibilidad fluctúa en 88% (46).

- **Lisina:**

Hay mucha variación en la cantidad de este aminoácido con un rango de 1.68 hasta 4.49 g  $100 g^{-1}$ , siendo igualmente suficiente para cubrir las necesidades de ciertas especies de peces, teniendo una digestibilidad de 91.4% hasta 98.1% (46).

- **Metionina:**

Su contenido en la harina de insecto varía de 0.59 hasta 4.03 g  $100 g^{-1}$ , con estos valores se puede cubrir los requerimientos de peces omnívoros como la carpa. Para los peces carnívoros se debe realizar una suplementación para poder cubrir la demanda de este aminoácido limitante. Algunos estudios hay sobre su digestibilidad que nos dan rango de 90% a 93.4% (46).

- **Fenilalanina:**

La cantidad de Fenilalanina se encuentra entre 1.32 hasta 3.85 g  $100 g^{-1}$ , con estas cantidades todos los insectos podrían cubrir los requerimientos de este aminoácido, teniendo una digestibilidad de 91% en la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentada con 20% de harina de larva de mosca soldado negra y que puede llegar hasta 97.3% en el Salmón del atlántico (*Salmo salar*) con una combinación de harina de larva de mosca soldado negra y aceite de pescado (46).

- **Treonina:**

Los valores de treonina en la harina de insecto varía de 0.88 hasta 3.32 g 100 g<sup>-1</sup>, siendo estos suficientes para cubrir los requerimientos de los peces, teniendo una digestibilidad de 83% en el salmón del atlántico alimentado con 100% harina de larva mosca soldado negro (46).

- **Triptófano:**

El triptófano tiene valores de 0.39 hasta 4.10 g 100 g<sup>-1</sup> en las harinas de insecto. Se debe poner importancia en este aminoácido ya que su reducción causa crecimiento reducido y alteración en los procesos metabólicos y enzimáticos. Tiene reportes de digestibilidad de 93% hasta 95% en trucha arco iris alimentado con mosca soldado negro (46).

- **Valina:**

Su contenido varía de 1.91 hasta 5.02 g 100 g<sup>-1</sup> en pupas. Estos valores parecen ser suficientes para cubrir las demandas de algunos peces; teniendo una digestibilidad fluctuante de 89.2 % en el salmón del atlántico alimentado con 25% harina de larva mosca soldado negro (46).

#### 2.1.11.4. Quitina en harina de insectos:

La quitina es considerada la fibra en esta especie, ya que tiene una estructura similar a la celulosa, todos los exoesqueletos de artrópodos (cutícula) está constituido de fibras de quitina. La estimación de la cantidad de quitina y proteína no digestible en las cutículas de insectos es variable, mientras más dura es la cutícula, menos cantidad de quitina contiene y mientras más suave sea, contiene aproximadamente 50% de quitina y 50% proteínas (47). La digestibilidad de las proteínas/aminoácidos de los insectos depende de cuánto de estos nutrientes están unidos a la quitina o a la escleroproteína que está presente en la cutícula de insectos adultos, sin embargo, estas proteínas o aminoácidos pueden ser utilizadas por los peces ya que tienen actividad enzimática debido a la quitinasa presente en el estómago y la quitobiasa en el intestino, aquí entra el factor de “presa natural” de los peces con los insectos (46).

### 2.1.11.5. Ácidos grasos en harina de insectos:

#### 2.1.11.5.1. Ácidos grasos saturados:

Ente los valores comparados de harina de insectos, la mosca soldado negra demuestra las cantidades más grandes (67.47%) y el gusano de la harina *Tenebrio mollitor*, la cantidad más baja (23.18%) (46).

##### ○ **Ácido palmitoleico:**

La harina de larva de mosca doméstica es la que presenta valores mayores de este ácido graso, teniendo un rango de 5.59% hasta 29.6% comparado con el resto de insectos (46).

##### ○ **Ácido oleico:**

Es el ácido graso más abundante, especialmente en el gusano de harina *Tenebrio mollitor* con valores de 12.8% hasta 57.63%, y teniendo los valores bajos en la mosca soldado negra *Hermetia illucens* (14.47%) (46).

#### 2.1.11.5.2. Ácidos grasos mono insaturados:

El gusano de la harina *Tenebrio mollitor* es el insecto que más cantidad de ácidos grasos mono insaturados (MUFA) contiene, con un rango de 36.5% hasta 52.51%, los valores entre otras especies fluctúa mucho, dando como dato así 8.10% hasta 29.00% para la mosca soldado negra *Hermetia illucens* (46).

#### 2.1.11.5.3. Ácidos grasos poliinsaturados:

##### ○ **Ácido linoleico:**

En general, todos los insectos son fuentes ricas de ácido linoleico y todas las especies exhiben altos valores, esto demuestra que no solo tienen tendencia a exhibir los ácidos grasos de sus dietas, sino que también hay un componente “especie” (46).

##### ○ **Ácido linolenico:**

Los contenidos de este ácido graso poliinsaturado (PUFA) no superan a las harinas de las plantas, teniendo datos de 0.00% hasta 2.73%, siendo la mosca domestica la especie con más abundancia de este PUFA (46).

- **Ácido araquidónico:**

Este ácido graso es uno de los más limitantes en las harinas de insecto, a excepción de la mosca soldado negra *H. illucens* (2.1%) alimentada con un medio enriquecido en algas, el resto de insecto demuestran valores de 0.01% a 0.29% en el mejor de los casos (46).

- **Ácido eicosapentanoico:**

La mosca soldado negra es la que muestra mejores contenidos de 0.01% hasta 3.50%, dependiendo de la dieta que tenga, sin embargo estos valores son considerados bajos (46).

- **Ácido docosaheptanoico:**

Una vez más la mosca soldado negra *H. illucens* tiene mejor contenido de DHA comparado con los otros insectos, con valores de 0.01% hasta 1.70% que puede ser obtenido si se le alimenta con restos de peces o estiércol de los mismos, los demás insectos tienen contenido muy bajos de DHA (0.01% - 0.24%), demostrando así que la harina de pescado supera sin problemas a los productos derivados de insectos (46).

#### **2.1.11.5.4. Relación omega 3/omega 6.**

La relación entre omega3/omega6 es muy baja, solo la pupa de la mosca soldado negra obtiene valores altos (1.05%) y el resto de insectos van de 0% a 0.5% que son valores muy bajos, lo que nos da indicios de problemas al reemplazar tanto la harina de pescado como el aceite de pescado (46).

### 2.1.12. Harina de larva de mosca soldado negra en alimentación de peces.

La mosca soldado negra es particularmente interesante debido a su alta eficacia en convertir desechos orgánicos provenientes de las principales industrias con fines alimenticios (avícola, bovina, porcina, agrícolas). Haciendo reusables las materias desechables obteniendo un alimento alto en proteínas que podría reemplazar a la harina de pescado actualmente utilizada en la producción de peces, para esto la forma más conveniente de usar es cosechar y secar la larva de la mosca soldado negra, con grasa completa o parcialmente desgrasada (48).

#### 2.1.12.1. Composición nutricional.

La cantidad de proteína cruda en larvas de mosca soldado negra varía en relación al sustrato entre 40 y 45% (48), habiendo reportes de 42.1% hasta 56.9% (49).

Sustrato	Proteína cruda	Extracto etéreo	Cenizas	Fuente
Residuo de cervecería	46.7	42.2	5.56	Ruhnke et al. (50).
Alimento de pollo	41.2	33.6	10	Spranghers et al. (51).
Residuos vegetales	39.9	37.1	9.6	Spranghers et al. (51).
Residuos de restaurantes	43.1	38.6	2.7	Spranghers et al. (51).
Alimento de pollo	40.4	24.2	9.6	Liu et al (52).
Cascara de banana	34.9	38		Nyakerí et al (53).
Lodo fecal	45.4	18.1		Nyakeri et al (53).
Residuos de fruta	30.75	40.7		Meneguz et al (54).

*Tabla 3: Composición nutricional de la harina de larva de mosca soldado negra, utilizando diferentes sustratos reportado por diferentes autores (49).*

El perfil de aminoácidos está caracterizado por el balance entre aminoácidos esenciales y no esenciales. La harina de larva de mosca soldado negra cuenta con un perfil de aminoácidos cercano a la harina de pescado y este es el principal indicador de la calidad nutricional que tiene la harina de larva de mosca soldado negra (48). En la mosca soldado negro, la grasa depende directamente del alimento de la larva y el estado del ciclo de vida del insecto, de acuerdo a Liu (52), el contenido de grasa va de 4.8% en larvas de 1 día de vida, hasta 28% en larvas de 14 días de vida, después del día 14, el contenido de grasa empieza a decrecer y al estado de inicio y termino de pupa es de 8.2% y 7.2% respectivamente. El contenido de ácidos grasos mono insaturados y poliinsaturados es significativamente bajo, pero que puede corregirse con un sustrato que contenga residuos de pescado (48).

#### **2.1.12.2. Proceso de remplazo de la harina de pescado.**

Un experimento se realizó en Goettingen (55), donde se reemplazó la harina de pescado en 0%, 25% y 75% en la alimentación de trucha arco iris, adicionando harina de soya así como aditivos vitamínicos y minerales. Los resultados indican que el reemplazo de 50% de harina de pescado es justificable, sin embargo en la dieta de 75% tiene efectos adversos en todos los parámetros nutricionales (peso final, conversión alimenticia, ganancia de peso, relación de eficiencia proteica), los resultados para estos parámetros bajos se deben a la gran cantidad de quitina en la dieta de 75% y a la inclusión de harina de soya en demasía.

Otro experimento se realizó en Switzerland (56), donde se reemplazo el 50% de harina de pescado por harina de larva de mosca soldado negra desgrasada en los parámetros de producción en la trucha arco iris, con una duración de 7 semanas lo resultados no mostraron diferencia significativa en los parámetros de crecimiento sin embargo los peces alimentados con mosca soldado negra tuvieron valores productivos proteicos más bajo y valores productivos lípidos más altos con respecto a la harina de pescado.

Sealey et al (57), probó reemplazar 25 y 50% de harina de pescado con harina de larva de mosca soldado negro estándar y mosca soldado negra enriquecida con residuos de pesquería en la alimentación de trucha arco iris, los resultados demuestran que la dieta estándar tiene significativamente crecimiento reducido respecto a la dieta enriquecida con harina de pescado.

Finalmente Xiao et al (58), realizó un experimento en el pez gato amarillo reemplazando la dieta básica de harina de pescado, harina de gluten, harina de soya y aceite de pescado con harina de larva mosca soldado negra en cantidades de 13, 25, 37, 48, 68, 85 y 100%. La mejor ganancia de peso y crecimiento se logró en los peces alimentados con 25% de reemplazo de la dieta, llegando así a la conclusión de no sobrepasar la cantidad de 48% de reemplazo de la harina estándar por harina de larva de mosca soldado negra.

### **2.1.12.3. Harina de larva de mosca soldado negra y dietas de trucha arco iris.**

La naturaleza carnívora de la trucha arco iris, dificulta el cambio de la harina y aceite de pescado en sus dietas sin comprometer el crecimiento y calidad del filete. El reemplazo total de la harina de pescado es problemático ya que estos peces son muy sensibles a imbalance nutricional en las dietas y a los factores nutricionales presentes en las harinas vegetales (59).

#### **2.1.12.3.1. Ensayos realizados en trucha arco iris.**

Algunas empresas productoras de harina de larva de mosca soldado negra como “Heretoa Deutschland GmbH & Co. KG” ubicada en Alemania que utiliza procesos confidenciales para su producción, solo destacando que utilizan sustrato de desechos vegetales y el desgrasado se realiza usando presiones altas sin solventes (60). Tal como indica Renna (60), con este producto realizó un ensayo de cambio parcial de harina de pescado en 0%, 25% y 50% correspondientes al 0%, 20% y 40% de insumos totales en la dieta correspondientemente, encontrando así que la inclusión de hasta 40% de harina de larva de mosca soldado negra no afecta los parámetros productivos de

trucha arco iris ni causa impacto en la supervivencia, parámetros físicos del filete y morfología intestinal.

En otro estudio se encontró una relación negativa entre la glucosa sanguínea y los niveles de inclusión de harina de larva de mosca soldado negra, lo que sugiere un factor antihiperlipémico, además de tener niveles de digestibilidad entre 87 y 93% para los aminoácidos y proteínas pero de 73% y 75% para los lípidos y materia seca (61).

Melenchón (62) reporta una disminución de omega 3 en los filetes de trucha arco iris alimentada con mosca soldado negra, sin embargo, es algo dependiente del sustrato de las larvas, además de la cantidad de inclusión de la harina de larva de mosca soldado negra en la dieta. Sophie (59) reporta que las truchas arco iris alimentadas con 50% de harina de larva de mosca soldado negra como reemplazo a la harina de pescado, tienen una cantidad de lípidos menor a las de control además de tener un factor de conversión alimenticia mayor, lo que podría indicar que a mayor inclusión de harina de insecto, mayor cantidad de quitina, lo que afecta la digestibilidad.

Muchos estudios han testeado los efectos del remplazo parcial o completo de la harina de pescado por la harina de larva de mosca soldado negra, sin embargo, hay resultados que se contrastan dependiendo de muchas variables, principalmente de la producción de la larva mosca soldado negra, como se puede ver la limitación principal son los niveles de ácidos grasos poliinsaturados, omega 3, eicosapentanoico y docosahexanoico (DHA), y precisamente la trucha y peces en general son altamente nutritivos por contener estos nutrientes que son esenciales para la nutrición humana, previniendo enfermedades cardiovasculares.

Para mantener los niveles de estos ácidos grasos existen diferentes abordajes que incluyen ingredientes ricos como micro algas o dietas terminadoras, incluso precursores de ácidos grasos de cadena larga como el ácido alfa linolenico

(ALA) para la síntesis de ácido eicosapentanoico y docosahexanoico.

Algunos investigadores apuntan a la trucha arco iris (*O. mykiss*) como un pez con la capacidad de bioconvertir parcialmente el ácido alfa linolenico (ALA) en ácido eicosapentanoico (EPA) y docosahexanoico (DHA) (63), lo que permitiría usar hasta cierto porcentaje el reemplazo de harina de pescado por la harina de larva de mosca soldado negra en esta especie.

En los ensayos conducidos por Bertrand (63), donde prueba un reemplazo de 75% de harina de pescado por harina de larva de mosca soldado negra, probando así una harina de larvas cultivada en un sustrato estándar (70% residuos de cervecería, 20% granos gastados y 10% cascara de zanahoria) y otra con un sustrato enriquecido con omega 3 (50% residuos de cervecería, 10% granos gastados y 40% de torta de Lino). Llega a la conclusión de que a pesar de la disminución de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) y una leve disminución en la ganancia de peso, la mosca soldado negra es una opción muy atractiva para usarla en la trucha arco iris en los niveles incluidos en el ensayo (75%), permitiendo una economía circular, dando un valor agregado a los desechos de otras industrias y disminuyendo el uso de harina de pescado y todo el impacto ambiental que esta genera, sin embargo, postula que las larvas de mosca soldado negra, enriquecidas con sustratos que contengan desechos de pesquería o procesamiento de estos, permite elevar los niveles de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) y debería ser una opción vigente para futuras investigaciones.

### 2.1.13. Antecedentes de investigación.

#### 2.1.13.1. Análisis de tesis:

- **“Digestibilidad aparente de los macronutrientes de los alimentos comerciales para trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de engorde” (39)**

Esta investigación tuvo el objetivo de evaluar la digestibilidad de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), grasa bruta (GB), energía bruta (EB) y energía digestible (ED) de alimentos comerciales (Alipez, Naltech, Nicovita, Ewos, Tomasino y Truchina) para trucha arco iris (*O. mykiss*) en etapa de engorde. El trabajo que desarrollado en dos fases. La fase experimental fue en el Laboratorio de Truchas, mientras que el análisis proximal de los alimentos se realizó en el Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano. Se utilizaron 90 truchas en etapas de engorde con un peso inicial promedio de 215 g y con una longitud estándar de 26 cm. Las truchas fueron distribuidas al azar en 9 tanques de estándar de 26 cm. Las truchas fueron distribuidas al azar en 9 tanques de digestibilidad tronco-cónicos de 0.5 m<sup>3</sup> de volumen útil, equipado con una columna de sedimentación y botellas de colección de heces. Cada dieta fue evaluada por triplicado (3 tanques/dieta). Los análisis químicos se realizaron siguiendo la metodología de AOAC (2012) y la energía se determinó con el calorímetro de bomba (Parr Instruments 6772, USA). La digestibilidad aparente se determinó por el método indirecto con la inclusión de 1% de marcador indigestible en la dieta (Hyflo Super Cel Sigma-Aldrich). El marcador indigestible en el alimento y heces se determinó por el método de cenizas insolubles en ácido. El análisis estadístico fue realizado con la ayuda del paquete estadístico SAS 2002 versión 9.2. La temperatura de agua estuvo en promedio de 16.8 °C y el oxígeno disuelto en 6.6 ppm. El coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) de la MS del alimento fue superior en la dieta Ewos (86.4%) seguido de Truchina, Nicovita, Naltech, Tomasino y por último Alipez (84.0, 81.5, 81.3, 80.7, 76.8%). Existe diferencia significativa entre la digestibilidad de los nutrientes estudiados ( $P < 0.001$ ). El CDA de MO, PB y GB fue superior en la dieta Ewos

con valores de 91.2% y 5475.1 cal g<sup>-1</sup>, respectivamente; mientras que los valores más bajos del CDA de EB y la ED fueron para la dieta Alipez con valores de 82.9% y 4362.0 cal g<sup>-1</sup>. Finalmente podemos concluir que el alimento comercial Ewos fue superior respecto a la digestibilidad de sus componentes en comparación de las demás dietas en estudio, pudiendo atribuir esto a la calidad de insumos utilizados en su elaboración.

- **“Estimación de la degradabilidad ruminal “in situ” de la harina de larva y pupa de la mosca soldado negro “*Hermetia illucens* como alimento para ganado lechero Arequipa – Perú 2018” (64)**

En el presente estudio buscaron determinar la degradabilidad in situ de la proteína cruda y materia seca de dos tratamientos diferentes con harina de larvas y pupas de mosca soldado negro, estimado la proteína degradable en rumen y proteína no degradable en rumen. Se utilizó una vaca Holstein con fistula ruminal, siendo incubado el alimento por 0, 2, 4, 8, 16, 24, 48 horas. El investigador reporta resultados de degradación ruminal de materia seca más bajo (10,9%) para larvas y el más alto (15,6%) para pupas, con diferencias significativas entre ambos. Para la degradación de proteína cruda, se obtuvo 8,3% para larvas y 27,0% para pupas. Respecto a la proteína degradable ruminal se obtuvo 34,1% para larvas y 40,1% para pupas, finalmente el valor de proteína no degradable en rumen fue de 65,9% para larvas y 59,9% para pupas. Se concluye que la materia seca, proteína cruda de larvas y pupas evidencian buena fuente proteica, con alto porcentaje de proteína “by pass”.

- **“Efecto de la inclusión de diferentes niveles de harina de larva de mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) sobre el comportamiento productivo de cobayas (*Cavia porcellus*) alimentados con raciones mixtas” (65).**

En el trabajo citado se investigó el efecto de la inclusión de diferentes porcentajes de proteína de harina de larva mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) en las raciones mixtas (alfalfa y concentrado balanceado) de cobayas (hembras reproductoras) con el objetivo de evaluar parámetros productivos. Se planteó 2 tratamientos experimentales en 48 cobayas (16 para cada

tratamiento), T1 con 8,2% de inclusión y T2 con 16,4%, ambos fueron comparados con un grupo control T0 sin inclusión. Se reporta ausencia de diferencia significativa en el consumo de alimento, variación de peso, tamaño de camada y mérito económico. Sin embargo existe diferencia estadística para la mortalidad y ganancia de peso de los gazapos. Se concluye que se puede incluir hasta 8,2% de harina de larva de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) sin alterar los parámetros productivos de las cobayas.

- **“Correlación de índices productivos con suplementación de harina de larva de mosca *Hermetia illucens* a tres niveles versus fuente proteica estándar en alimentación de pollos Ross, Arequipa 2019” (19).**

En el estudio se incluyó diferentes niveles de harina de larva de mosca soldado (*Hermetia illucens*) en pollos Ross, en 0%, 15%, 25% y 40%, para buscar la variación en los índices productivos de los mismos criados en las mismas condiciones de ambiente, genética, sexo y manejo. El experimento se realizó durante 42 días, con variación de requerimientos nutricionales entre estas pero sin variación del reemplazo de harina de mosca soldado. Se reporta una relación positiva directa con el índice productivo de cada tratamiento, indicando que a mayor inclusión de harina de mosca soldado negra, mayor el índice productivo. Dentro de los valores de correlación de Pearson, se expresa una correlación positiva entre consumo de alimento y ganancia de peso. Concluyendo así que la inclusión de harina de larva de mosca soldado mejora los índices productivos de pollos Ross, durante toda su etapa de producción.

### 2.1.13.2. Análisis de trabajos de investigación:

- “Evaluation of the suitability of a partially defatted black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal as ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) diets” (60)

#### RESUMEN:

Dos ensayos fueron realizados para evaluar el potencial como ingrediente alimenticio de la harina de la larva de mosca soldado negra parcialmente desgrasada en la dieta de trucha arco iris (*O. mykiss* Walbaum). En el primer ensayo, 360 truchas (con un peso inicial promedio de  $178.9 \pm 9.8$  gr) fue dividido aleatoriamente en tres grupos experimentales (4 tanques/tratamiento, 30 peces/tanque). Los peces fueron alimentados por 78 días con dietas isonitrogenadas, isolipídicas e isoenergéticas conteniendo niveles incrementados de la mosca soldado negra, en el alimento base: 0% (HI0, dieta control), 25% (HI25) y 50% (HI50) de sustitución de harina de pescado, correspondiente a los niveles de inclusión dietaria de 0.20% y 40%. En el segundo ensayo, 36 truchas (4 tanques/tratamiento, 3 peces/tanque) fueron usados para evaluar los coeficientes de digestibilidad aparente en vivo de la misma dieta usada en el primer ensayo. Los resultados obtenidos demuestran que la harina de larva de mosca soldado negra parcialmente desgrasada puede ser usada como ingrediente en las dietas de trucha arco iris hasta un 40% de inclusión sin impacto en la supervivencia, velocidad de crecimiento, calidad física del filete dorsal y morfología intestinal de los peces. Sin embargo, más investigaciones en estrategias específicas y formulación de dietas son necesarias para limitar los efectos negativos observados en la harina de insecto en la composición de ácidos grasos del músculo dorsal.

- **Harina de larva de *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) como ingrediente proteico de reemplazo parcial de harina de soja en la alimentación de *Cavia porcellus* (Cuy): efecto en el consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia (66).**

**RESUMEN:**

En el trabajo citado tuvo como objetivo evaluar el consumo de alimento diario, el consumo total de alimento, peso corporal final, aumento de peso total e índice de conversión alimenticia. El ensayo se llevó a cabo en 40 cuyes en crecimiento con diferentes proporciones de sustitución de harina de soja por harina de larva de mosca soldado negra (0%, 16%, 32%, 50%). Para el procesamiento de datos se utilizó un análisis de varianza de medidas repetidas con corrección de Greenhouse – Geisser. Se reporta que el reemplazo de 32% presentó un mayor consumo diario, consumo total y conversión alimenticia, además de que la incorporación de harina de larva de mosca soldado negra al 16% del requerimiento proteico en la alimentación de cuyes, tuvo resultados de ingesta de alimento altos (34,57 g) y mejor conversión alimenticia (2,5). Se concluye que la harina de larva de mosca soldado negra es un excelente sustituto proteico de alta calidad que satisface los requerimientos nutricionales con menor cantidad de alimento en cuyes.

- **Bioprocessing of organic wastes from poultry and bovine slaughterhouses as food substrate for *Hermetia illucens* larval development (67).**

**RESUMEN:**

El estudio citado, evaluó el uso de residuos orgánicos provenientes de centros de beneficio de vacunos y aves de corral como sustrato para la producción de larva de mosca soldado negro. Se estableció seis tratamientos, T1 (sangre cruda de vacuno), T2 (vísceras crudas de vacuno), T3 (sangre cocida de vacuno cocida), T4 (vísceras cocidas de vacuno), T5 (vísceras crudas de pollo), T6 (vísceras cocidas de pollo) y un control. Las larvas se alimentaron por 5 días y se procesaron para hacer harina. Se evaluaron mortalidad, peso, tamaño, composición química proximal y digestibilidad aparente utilizando un diseño estadístico de ANOVA multifactorial y Kruskal – Wallis. Reportan

el tratamiento con vísceras crudas de vacuno como el sustrato con mejor efectividad. Concluyen que la data experimental presentada ayudara a diseñar procesos para mejorar el manejo de residuos de los centros de beneficio, siendo un avance potencial para la bioeconomía circular.

- **Productive indexes of the herbivore *Cavia porcellus* fed with *Hermetia illucens* larvae meal (68).**

**RESUMEN:**

El trabajo citado se realizó con el objetivo de analizar los índices productivos de *Cavia porcellus* en estadio de crecimiento, alimentándolos con dietas que incluyen diferentes concentraciones de harina de larva de mosca soldado negro. Se evaluaron 40 animales con dietas isonitrogenadas e isoenergéticas con diferentes proporciones de *H. illucens* como reemplazo a la suya, respetando los requerimientos proteicos. Se evaluó el consumo de alimento (g/día), consumo de alimento total (g), peso corporal final (g), ganancia de peso total (g), y conversión alimenticia durante 30 días. Los porcentajes de inclusión en las cuatro dietas fueron de 0%, 16%, 32% y 50%. Se reportan resultados de elevación del consumo de alimento (49,05 g), consumo total (1717 g) y conversión alimenticia (3,22) con la dieta con 32% de reemplazo. Incorporando 16% del requerimiento de proteína con harina de larva de mosca soldado negro, demostró un consumo de alimento diario de 34,57 g, conversión alimenticia 2,5. Se concluye que la harina de larva mosca soldado negra es un excelente complemento proteico en la alimentación de *Cavia porcellus* con ventajas competitivas en los sistemas de producción, siendo una fuente alternativa de proteína a la soya.

- **Physicochemical characterisation of *Hermetia illucens* larvae meal as a protein substrate for herbivore feeding (69).**

**RESUMEN:**

El trabajo citado, tuvo como objetivo realizar un análisis fisicoquímico de la harina de larva de *Hermetia illucens* usada como fuente de proteína en búsqueda de fuentes alternativas de proteína en la preparación de dietas herbívoras. Se diseñó un estudio con 5 replicas de harina de larva de mosca soldado negra obtenida del estado de larva y pupa, para caracterizarla

fisicoquímicamente en materia seca, humedad, proteína cruda, extracto etéreo, cenizas y fibra cruda según los métodos internacionales AOAC. La humedad se determinó secando a temperatura constante de 105 °C por 6 horas, la proteína cruda a través del método de Kjeldahl, después de la digestión ácida en el autodigestor, la grasa cruda se terminó por extracción usando el sistema Soxtec HT, el contenido de ceniza se determinó utilizando una mufla a 550 °C por 6 horas. La fibra cruda a través de la metodología ANKOM. Se reportan resultados de humedad de 3,61%, materia seca de 96,39%, proteína cruda de 54,52%, extracto etéreo de 16,82%, ceniza de 12,55% y fibra cruda de 8,48%. El grupo de investigación concluye que la harina de larva de mosca soldado negra debe ser considerada como una fuente potencial de proteína y extracto etéreo para la alimentación de animales herbívoros.

- **Ruminal degradability “in situ” of the larvae and pupae black soldier fly meal (*Hermetia illucens*) in dairy cattle (70).**

**RESUMEN:**

El objetivo del estudio citado fue determinar la degradabilidad ruminal in situ de materia seca (MS), proteína cruda (PC), proteína degradable en rumen (RDP) y proteína fraccionada no degradable en rumen (RUP), de dos tratamientos diferentes de harina de larva y pupa de mosca soldado negra. Se utilizó un vacuno raza Holstein, con fistula ruminal para los test de degradabilidad. Los periodos de incubación fueron de 0, 2, 4, 8, 16, 24 y 48 horas. Se reportan resultados de degradabilidad proteína ruminal 34,1% y 40,1% para las dietas de harina de larva y pupa respectivamente, siendo los resultados para la proteína no degradable en rumen o bypass fueron de 65,9% y 59,9% para las dietas de harina de larva y pupa respectivamente, sin tener diferencia significativa entre tratamientos para ambas fracciones de proteínas. Se concluye que la degradabilidad ruminal de MS y PC de la harina de mosca soldado negra, tanto de larva como de pupa, constituyen una buena fuente de proteína con alto porcentaje de proteína no degradable en rumen o bypass.

- “Fly Prepupae as a Feedstuff for Rainbow Trout, (*Oncorhynchus mykiss*)” (59)

**RESUMEN:**

Las larvas de mosca pueden ofrecer un método efectivo para mitigar dos preocupaciones globales grandes y crecientes: el uso de harina de pescado derivada de la pesquería en dietas de acuicultura y el manejo de desperdicios en ganado y avicultura. Un ensayo de 9 semanas fue realizado para determinar si es posible utilizar la larva de mosca como remplazo a la harina y aceite de pescado en dietas de trucha arco iris *O. mykiss*. La dieta fue formulada conteniendo 40% de proteína cruda y 15% de grasa; 67% de la proteína en la dieta control fue derivada de la harina de pescado y toda la grasa fue derivada del aceite de pescado. Dos de las dietas testigos incluídas usaron harina de prepupa de la harina de mosca soldado negra *H. illucens*, que tiene 40% de proteína y 30% de grasa, reemplazando la harina de pescado en un 25% y 50% para la dieta control. El total de proteína derivada de la harina de prepupa de mosca soldado negra fue 15% y 35% respectivamente. Una tercera dieta de ensayo incluyó pupa de la mosca común *Musca domestica*, con 70% de proteína y 16% de grasa, reemplazando 25% de la harina de pescado en la dieta control. Los datos sugieren que la trucha arco iris donde la pre pupa de la mosca soldado negra o pupa de la mosca domestica constituyen un 15% de la proteína total no tiene efectos adversos en la conversión alimenticia en el periodo de 9 semanas. En adición, la dieta de pre pupa de mosca soldado negra permitió un 38% de reducción de aceite de pescado; sin embargo, los peces alimentados con dietas de harina de larva de mosca soldado negra tuvieron niveles reducidos de omega 3 en los filetes de musculo. Los hallazgos de este estudio sugieren que la harina de larva de mosca soldado negra podría ser utilizada como ingredientes alimenticios en dietas de trucha arco iris.



## **CAPITULO III**

# **MATERIALES Y MÉTODOS**

## CAPITULO III MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Materiales:

#### 3.1.1. Localización del trabajo:

El estudio se realizó en el laboratorio de nutrición de peces en el Fundo La Banda Huasacache, a 2302 m.s.n.m, con ubicación geográfica bajo el sistema de coordenadas con latitud  $-16^{\circ} 27' 30''$  S (sur) y longitud  $-71^{\circ} 33' 55''$  O (oeste), ubicado en el distrito de Hunter, Arequipa. Los datos geográficos fueron obtenidos de la plataforma "Google Earth". El análisis químico para determinar el coeficiente de digestibilidad aparente en la harina de larva mosca soldado negra se realizó en el laboratorio de Nutrición de la escuela profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Católica de Santa María.

#### 3.1.2. Ubicación temporal:

El presente trabajo de investigación se desarrolló dentro de los meses Mayo - Diciembre del 2022, con sistematización de resultados, estudios estadísticos y elaboración de resultados.

#### 3.1.3. Materiales biológicos:

- Juveniles de trucha arco iris
- Alevines de trucha arco iris

#### 3.1.4. Materiales de laboratorio:

- Frascos de almacenamiento de muestras.
- Bandejas de procesamiento de muestras.
- Espátula.
- Crisoles.
- Beaker de 100 ml.
- Papel filtro sin ceniza (Whatman #40).
- Probetas 100 ml.
- Embudo de vidrio.
- Desecador.
- Pinzas de sujeción.
- Mortero.

### 3.1.5. Materiales de campo:

- 12 tanques de plástico en forma de cono truncado.
- 12 tubos de PVC.
- 12 botellas recolectoras de heces.
- 12 mallas Rachell.
- Alimento extruido para alevines y juveniles T1, T2 Y T3.
- Baldes de decantamiento.
- Red de colecta de peces.
- Multiparámetro de agua 2Oxyguard”.
- Kit de análisis químico cualitativo de agua.

### 3.1.6. Equipos y maquinarias:

- Balanza analítica HR – 200, A&D Weighing.
- Mufla “Furnace 62700”.
- Mufla “Furnace 48000”.
- Horno de secado J.P Selecta.
- Horno de secado a aire forzado.
- Estufa de laboratorio Magefesa

### 3.1.7. Otros materiales:

- Reactivo ácido clorhídrico concentrado.
- Tierra de diatomea Hyflo super cell.

## 3.2. Métodos:

### 3.2.1. Muestreo:

#### 3.2.1.1. Universo:

Los peces, para cada categoría, fueron obtenidos de la unidad productiva truchicola, perteneciente a la Empresa Comunal Luz de Churajon Polobaya.

#### 3.2.1.2. Tamaño de muestra:

Elección por conveniencia, considerando el número de animales mínimos necesarios para cada tratamiento y según la capacidad de los tanques de digestibilidad determinándose en 50 juveniles y 200 alevines por cada tanque de experimentación respectivamente (39).

### 3.2.1.3. Procedimiento de muestreo:

Se realizó al azar, dentro de las subpoblaciones de la unidad productiva truchicola, cumpliendo con los requisitos de estadio, edad y talla para alevines y juveniles.

## 3.2.2. Métodos de evaluación:

### 3.2.2.1. Metodología de la experimentación:

#### 3.2.2.1.1. Formulación de dietas e inclusión de marcador insoluble en ácido

Las dietas se formularon utilizando un software nacional (Zmix) en base a los requerimientos mínimos establecidos para trucha arco iris en etapa de alevín y juvenil.

Se agregó el marcador indigestible (Hyflo super cell) en cada dieta a razón de 1% del total de insumos, para poder calcular la digestibilidad de los nutrientes.

Se realizó un proceso de extrusión para obtener el alimento similar a la presentación comercial de inicio y crecimiento, para alevines y juveniles respectivamente. Dejando secar por tres días antes de su uso.

Se realizó un análisis proximal básico para cada alimento formulado, en el laboratorio de nutrición animal de la escuela profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Católica de Santa María

#### 3.2.2.1.2. Aclimatación de truchas arco iris:

Los peces fueron trasladados del centro productivo de la empresa ECOLCHUP hacia las instalaciones del laboratorio de nutrición de peces en el fundo Huasacache de la universidad Católica de Santa María. Durante el transporte se mantuvo una temperatura estable y oxígeno continuo a través de sondas conectadas al tanque transportador.

Para la siembra la temperatura se regulo para evitar el shock térmico en los peces, posteriormente estuvieron en ayuna por 24 horas para empezar el proceso de aclimatación a las dietas de experimentación. Se mantuvo por 15 días con las dietas experimentales para garantizar una eliminación completa de las dietas utilizadas en el

centro de procedencia. La misma metodología se aplicó para alevines y juveniles.

Desde el periodo de aclimatación hasta el término del ensayo se tomó constantemente parámetros físico químicos del agua: Oxígeno disuelto, temperatura, nitritos, nitratos y amonio.

#### **3.2.2.1.3. Toma de muestras fecales:**

Los peces se alimentaban diariamente una vez al día a las 10:00 am después de la recolección de muestras fecales (8:00 am). De este modo se recolectaba las heces que se acumulaban durante el día, hasta la siguiente alimentación.

Las muestras fecales se recolectaron en botellas conectadas directamente al sistema de recirculación de cada tanque. Se estandarizo una toma de muestra total de 30 ml. Luego se llevaron al laboratorio para dejar sedimentar y decantarlas para posteriormente procesarlas. Cada muestra obtenida de cada tanque se almacenó hasta obtener un pool suficiente para todos los exámenes a realizar. Por lo tanto se obtuvieron 12 pools de muestras para cada tratamiento y repetición. La misma metodología se aplicó para alevines y juveniles.

#### **3.2.2.1.4. Procesamiento de muestras fecales:**

Las muestras se colocaron en recipientes cuadrangulares de plástico y desecadas en el horno obteniendo así la materia seca (MS) de cada muestra, posteriormente se almacenó en los frascos pool rotulado.

La obtención de proteína cruda, materia orgánica, ceniza y extracto etéreo, se procesó a partir del pool de muestras desecadas, siguiendo la metodología del laboratorio de nutrición animal de la escuela profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Católica de Santa María.

Para la obtención del % de marcador insoluble en ácido en las heces se siguió el protocolo descrito por Scott y Boldaji (71):

- Pesar 2 gramos de heces que contenga el marcador insoluble en un vaso de vidrio de 100 ml
- Hervir por 30 minutos en 50 ml de HCL 4N.
- Filtrar en papel filtro sin cenizas (Whatman #40) y hacer un doble lavado de residuos con agua bidestilada.
- Pesar la muestra que se quedó en el filtro junto al papel y el crisol y dejar secar durante la noche a 70°C.
- Quemar el residuo a 600 °C durante 4 horas en mufla.
- Determinar el peso de la ceniza obtenida como “ceniza insoluble en ácido”.

Los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) para cada nutriente se calcularon utilizando al formula descrita por Maynard y Loosly (72). La misma metodología se aplicó para alevines y juveniles.

#### 3.2.2.1.5. **Medición de parámetros productivos:**

Los parámetros productivos se tomaron en base a la biomasa presente en cada tanque experimental.

- Conversión alimenticia:

La conversión alimenticia se calculó utilizando la fórmula (73):

$$C.A = \frac{\text{Cantidad de alimento suministrado}}{\text{Biomasa final} - \text{biomasa inicial}}$$

- Ganancia de peso acumulada:

La ganancia de peso se calculó utilizando la fórmula (73):

$$G.P = \text{Biomasa final} - \text{biomasa inicial}$$

- Factor de condición de Fulton`s:

El factor de condición de Fulton`s se calculó utilizando la fórmula (74):

$$F.C = \left( \frac{\text{Peso (gr)}}{\text{Largo (cm)}^3} \right) * 100$$

**3.2.2.1.6. Cálculo de mérito económico:**

El mérito económico se calculó utilizando la fórmula (73):

$$M.E(\%) = \frac{P.V - (P.C + G.A)}{P.C + G.A} \times 100$$

Donde:

M.E = Mérito económico

P.V = Precio de venta

P.C = Precio de compra

G.A = Gasto de alimentación

**3.2.2.2. Recopilación de la información:****a. En el campo**

A través de la recolección de materia fecal de manera diaria, además de tomar en cuenta la ganancia de peso diaria de los animales y el nivel de consumo de cada estanque.

**b. En el laboratorio**

A través de las evaluaciones de los alimentos, análisis proximal de los alimentos y procesamiento de las heces con marcadores indigestibles.

**c. En la biblioteca**

A través de la consulta bibliográfica en nutrición acuícola y factores que afectan a esta, así como las tendencias actuales.

**d. Otros ambientes generadores de la información científica**

Se revisó bases de datos en internet así como journals:

- 1.- Springer
- 2.- Elseiver
- 3.- Web of Science
- 4.- Aquaculture journal
- 5.- Journal of Applied Ichthyology

### 3.3. Variables de respuesta:

#### 3.3.1. Variables independientes:

Porcentaje de inclusión de harina de larva de mosca soldado negro.

#### 3.3.2. Variables dependientes:

Ganancia de peso acumulado, factor de condición de Fulton

Coeficiente de digestibilidad aparente

Merito económico

Variables	Variable	Indicadores	Unidad de medida
<b>INDEPENDIENTES</b>	Porcentaje de inclusión de HLMSN	Cantidad porcentual de HLMSN en el total de insumos de la formula alimenticia para alevines y juveniles	Porcentaje %
	Coeficiente de digestibilidad aparente (CDA)	% de marcador indigestible en las heces de cada unidad experimental	Porcentaje %
<b>DEPENDIENTES</b>	Tasa de conversión alimenticia (TCA)	Valor obtenido al final del experimento	Unidades TCA
	Factor de condición de Fulton (FCF)	Factor de condición obtenido al final del experimento	Unidades FCF
	Ganancia de peso acumulado (GPA)	Biomasa ganada al final del experimento en cada tanque	Kg
	Merito económico	Costo del alimento al final del experimento	Porcentaje %

### 3.4. Evaluación estadística:

#### 3.4.1. Diseño Experimental:

##### 3.4.1.1. Unidades experimentales:

Tanques de digestibilidad con alevines y juveniles de trucha arco iris.

##### 3.4.1.2. Diseño y distribución de tratamientos:

Para la primera etapa de investigación con alevines:

- T0: 4 tanques de digestibilidad, con una distribución de 200 alevines por tanque, alimentados con 0% de inclusión de harina de larva de mosca soldado negro.
- T1: 4 tanques de digestibilidad, con una distribución de 200 alevines por tanque, alimentados con 25% de inclusión de harina de larva de mosca soldado negro.
- T2: 4 tanques de digestibilidad, con una distribución de 200 alevines por tanque, alimentados con 50% de inclusión de harina de larva de mosca soldado negro.

Para la segunda etapa de investigación con juveniles:

- T0: 4 tanques de digestibilidad, con una distribución de 50 juveniles por tanque, alimentados con 0% de inclusión de harina de larva de mosca soldado negro.
- T1: 4 tanques de digestibilidad, con una distribución de 50 juveniles por tanque, alimentados con 25% de inclusión de harina de larva de mosca soldado negro.
- T2: 4 tanques de digestibilidad, con una distribución de 50 juveniles por tanque, alimentados con 50% de inclusión de harina de larva de mosca soldado negro.

##### 3.4.1.3. Análisis estadístico:

Para la fase experimental de alevines se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con 3 tratamientos y 4 repeticiones para cada tratamiento. Para la fase experimental de juveniles se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), considerando 3 tratamientos con 4 repeticiones para cada tratamiento. Se aplicó un análisis de varianza ANOVA, para cada diseño.

##### 3.4.1.4. Análisis de significancia

El test de comparación múltiple utilizado fue el test de Duncan con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ .



**CAPITULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Resultados y discusión:

#### 4.1.1. Composición nutricional de las dietas

En la tabla 4 y 5 se muestra el contenido nutricional de las dietas formuladas para alevines y juveniles respectivamente.

*Tabla 4: Contenido de MS, ceniza, MO, PC y EE de las dietas experimentales para alevines.*

Alimento	Componentes %				
	MS	Ceniza	MO	PC	EE
<b>T0</b>	90,54	10,56	79,99	31,64	13,32
<b>T1</b>	90,54	10,52	80,02	28,49	12,88
<b>T2</b>	93,23	10,52	82,72	25,79	12,78

MS: Materia seca; MO: Materia orgánica; PC: Proteína Cruda; EE: Extracto etéreo.

*Tabla 5: Contenido de MS, ceniza, MO, PC y EE de las dietas experimentales para juveniles.*

Alimento	Componentes %				
	MS	Ceniza	MO	PC	EE
<b>T0</b>	92,25	9,98	82,28	26,97	14,95
<b>T1</b>	89,99	9,81	80,18	23,00	14,14
<b>T2</b>	93,35	10,26	83,09	33,50	15,00

MS: Materia seca; MO: Materia orgánica; PC: Proteína Cruda; EE: Extracto etéreo.

Las dietas se formularon en un software nacional (Zmix) en base a los requerimientos mínimos para la edad de la trucha arco iris, tanto para alevines como para juveniles. Las formulas nutricionales se encuentran en la sección de anexos.

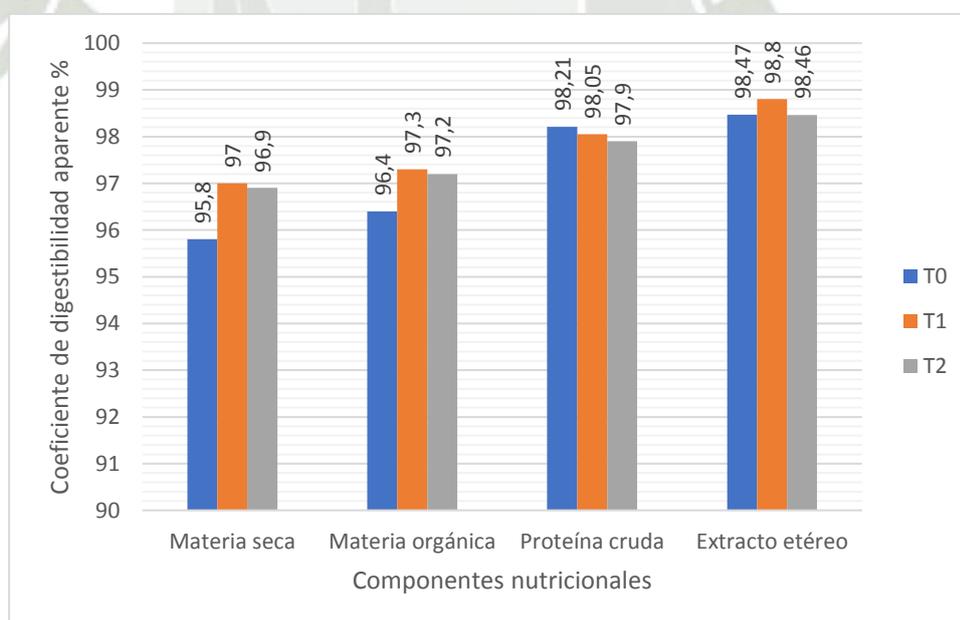
#### 4.1.2. Resultados y discusión de coeficiente digestibilidad aparente (DGA)

En la tabla 6 y 7 se muestran los coeficientes de digestibilidad aparente calculados para los alevines y juveniles, respectivamente.

*Tabla 6: Coeficientes de digestibilidad aparente de MS, MO, PC y EE para alevines, con un nivel de significancia de  $p < 0.05$*

Alimento	Coeficiente de digestibilidad aparente %			
	MS	MO	PC	EE
<b>T0</b>	95,8 <sup>a</sup>	96,4 <sup>a</sup>	98,21 <sup>a</sup>	98,47 <sup>a</sup>
<b>T1</b>	97,0 <sup>a</sup>	97,3 <sup>a</sup>	98,05 <sup>a</sup>	98,80 <sup>a</sup>
<b>T2</b>	96,9 <sup>a</sup>	97,2 <sup>a</sup>	97,90 <sup>a</sup>	98,46 <sup>a</sup>

MS: Materia seca; MO: Materia orgánica; PC: Proteína Cruda; EE: Extracto etéreo. Medias con una letra en común en sentido vertical no tienen diferencia estadísticamente significativa ( $p > 0.05$ ).



*Gráfico 3: Coeficientes de digestibilidad aparente de MS, MO, PC y EE en las dietas de alevines, con un nivel de significancia de  $p < 0.05$*

El CDA de MS de las tres dietas utilizadas en el ensayo, obtuvieron valores similares (95,8; 97; 96,9). El CDA para MO de las tres dietas obtuvieron valores similares (96,4; 97,3; 97,2). Teniendo resultados semejantes para el CDA de PC (98,21; 98,05; 97,09) y EE (98,47; 98,8; 98,46). No se encontraron diferencias significativas entre los valores de digestibilidad de los componentes nutricionales de las tres dietas.

Los resultados de PC (97.09 – 98.21) obtenidos en el estudio están solo un poco por encima de los obtenidos por Cahuana F (39). (90.4 – 94.9) en sus estudios de digestibilidad en marcas comerciales. Para el caso de MS (95.8 – 96.9) y MO (96.4 – 97.2), los valores obtenidos superan por mucho a los encontrados por Cahuana F. (76.8 – 86.4 y 81.6 - 89.0) respectivamente, sin embargo, los resultados de EE (98.46 – 98.8) son similares con la digestibilidad de la marca comercial Ewos (97.1)

Renna y colaboradores (60) reportan valores de digestibilidad aparente de MS (74.0 – 79.0) y PC (87.0 – 91.0) muy por debajo de los valores obtenidos en este estudio, sin embargo, los resultados de EE (97.0 – 99.0) son similares a los obtenidos en el presente estudio.

Ortiz A (75), y colaboradores reportan valores de CDA hasta de 98.0 para PC en una dieta basada en Sacha Inchi, el cual es similar al valor obtenido en el presente estudio, sin embargo, los valores de los otros componentes nutricionales reportados por Ortiz A, se encuentran con una digestibilidad mucho menor.

Los valores de digestibilidad son sumamente altos comparados a los reportados por Aranibar y colaboradores (76), en el que utilizaron dietas formuladas a partir de piel de ovejas y alpacas.

Finalmente los valores de CDA reportados por Nazzaro y colaboradores (77) en su ensayo con subproductos de cervecería, son ampliamente bajos (EE: 75 – 88; PC: 75 - 84) comparados con los obtenidos en el presente estudio.

Los valores de digestibilidad obtenidos se consideran altos, estos resultados se pueden deber al estadio de vida, los alevines absorben y digieren más eficientemente que cualquier otro estadio de vida en el pez. Es importante tomar en cuenta este factor, debido a la variabilidad existente en el CDA mientras el alevín está en crecimiento. (44)

Tabla 7: Coeficientes de digestibilidad aparente de MS, MO, PC y EE para juveniles, con un nivel de significancia de  $p < 0.05$

Alimento	Coeficiente de digestibilidad aparente %			
	MS	MO	PC	EE
<b>T0</b>	84,13 <sup>b</sup>	85,6 <sup>b</sup>	89,75 <sup>b</sup>	95,13 <sup>b</sup>
<b>T1</b>	83,22 <sup>b</sup>	84,9 <sup>b</sup>	85,95 <sup>c</sup>	96,40 <sup>a</sup>
<b>T2</b>	85,44 <sup>a</sup>	87,05 <sup>a</sup>	91,97 <sup>a</sup>	96,53 <sup>a</sup>

MS: Materia seca; MO: Materia orgánica; PC: Proteína Cruda; EE: Extracto etéreo. Medias con letras distintas en sentido vertical, representan diferencias significativas a la prueba de Duncan ( $p < 0.05$ ).

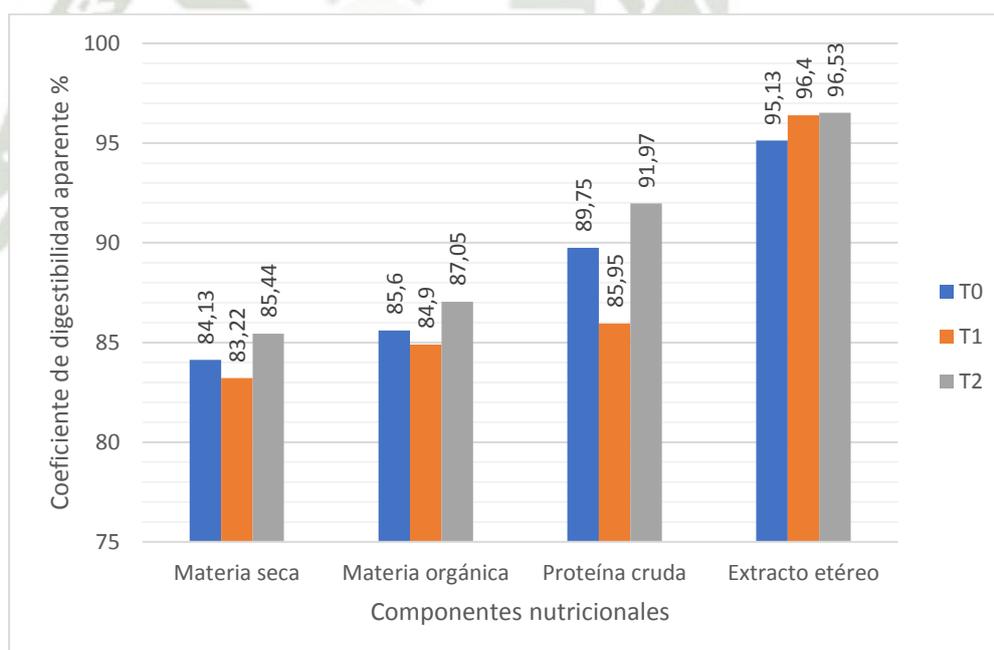


Gráfico 4: Coeficientes de digestibilidad aparente de MS, MO, PC y EE en las dietas de juveniles, con un nivel de significancia de  $p < 0.05$

El CDA de los diferentes componentes nutricionales obtuvieron resultados con diferencia significativa. La dieta T2 (50% reemplazo), obtuvo el mejor resultado de CDA para MS (85,44), comparado con la dieta T0 y T1 (84,13; 83,22) respectivamente. Siendo la dieta con valores más altos para MO (87,05) y PC (91,97), donde la dieta T0 y T1

obtuvieron valores similares. En PC la dieta T2 obtuvo el valor más alto de digestibilidad (91,97), seguido por la dieta T0 (89,75) y por último la dieta T1 (85,95). En la digestibilidad de EE, la dieta T2 obtuvo un valor similar a la dieta T1, siendo estadísticamente más altas que la dieta T0.

Los resultados de PC de la dieta T2 (91,97) y T0 (89,75) son similares a los resultados obtenidos por Cahuana F (39). (90.4 – 94.9) en sus estudios de digestibilidad en marcas comerciales, siendo superado solo por algunas marcas (Naltech, Nicovita, Ewos, Truchina). Para el caso de MS (83,22 – 85,44), se obtuvieron resultados similares a los CDA de las marcas comerciales Truchina (84.0) y Ewos (86.4), siendo la dieta T2 un resultado de digestibilidad mejor que todas las dietas comerciales excepto Ewos (86,4). Para los resultados obtenidos de MO (84,9 – 87,05), todas las dietas del presente estudio tienen valores similares a los reportados por Cahuana F, exceptuando el resultado obtenido en la marca Alipez, que tiene un CDA más bajo (81.6). Finalmente para los resultados obtenidos de EE (95,13 – 96,53), son similares a los obtenidos por las marcas comerciales Truchina (95.5) y Ewos (97.1), siendo todas las demás marcas comerciales inferiores en la digestibilidad de EE.

Los resultados obtenidos del T1 (MO: 83,22; PC: 85,95; EE: 96,4) son inferiores en PC y EE pero superior en MO, a los reportados por Renna y colaboradores (MO: 79; PC: 91; EE: 99) que también utilizó 25% de inclusión de HLMSN. Los resultados de T2 (MO: 85,44; PC: 91,97; EE: 96,53), son superiores en MO (74.0) y PC (87.0), pero inferior en EE (97.0), que también utilizó 50% de inclusión de HLMSN (60). Estas variaciones se pueden deber a la existencia de un sustrato de crecimiento larval diferente al que utilizamos en el presente estudio.

Los resultados de CDA para PC obtenidos del T0 (89,75) es similar al obtenido en la dieta elaborada en base a Kiwicha (89.1) y la dieta T2 (91.97) es superior a la dieta elaborada en base a Quinua (90.3), a su vez siendo superior a las otras dietas reportadas por Ortiz A (75). Los resultados de MO del T0 (84,13) son similares a los obtenidos de la dieta con inclusión de calamar gigante (84.5) y es superior a las otras dietas reportadas por Ortiz A. Esto se debe a la naturaleza de las materias primas, siendo el insecto parte natural de la dieta de la trucha arco iris,

biológicamente debe tener una mejor digestibilidad que nutrientes de origen vegetal.

Los valores de digestibilidad de todos los nutrientes estudiados son sumamente altos comparados a los reportados por Aranibar y colaboradores (76), en el que utilizaron dietas formuladas a partir de piel de ovejas y alpacas, las cuales, demuestran ser pobremente digestibles comparadas con la HLMSN.

Los valores obtenidos de PC del T1 (85,95) son similares a los reportados en dietas de grano usado de cervecería hidrolizado H-BSG (85,22) por Nazzaro y colaboradores (77). Sin embargo sus valores de EE: 75 – 88, son inferiores a los obtenidos en el presente estudio (95,13 – 96,53). Al usar un subproducto de cervecería, los valores de digestibilidad obtenidos son inferiores comparados al T2 del presente estudio.

#### 4.1.3. Resultados y discusión de parámetros productivos

En la tabla 8 y 9 se pueden ver los datos de performance productiva obtenidos para alevines y juveniles respectivamente.

*Tabla 8: Parámetros productivos obtenidos en ensayo con alevines, con un nivel de significancia de  $p < 0.05$*

Alimento	PARAMETROS PRODUCTIVOS		
	TCA	GPA	FCF
T0	0,36 <sup>a</sup>	2,44 <sup>a</sup>	1,15 <sup>a</sup>
T1	0,4 <sup>a</sup>	2,39 <sup>a</sup>	1,15 <sup>a</sup>
T2	0,39 <sup>a</sup>	2,24 <sup>a</sup>	1,14 <sup>a</sup>

TCA: Tasa de conversión alimenticia; GPA: Ganancia de peso acumulada; FCF: Factor de condición de Fulton. Medias con una letra en común en sentido vertical no tienen diferencia estadísticamente significativa ( $p > 0.05$ ).

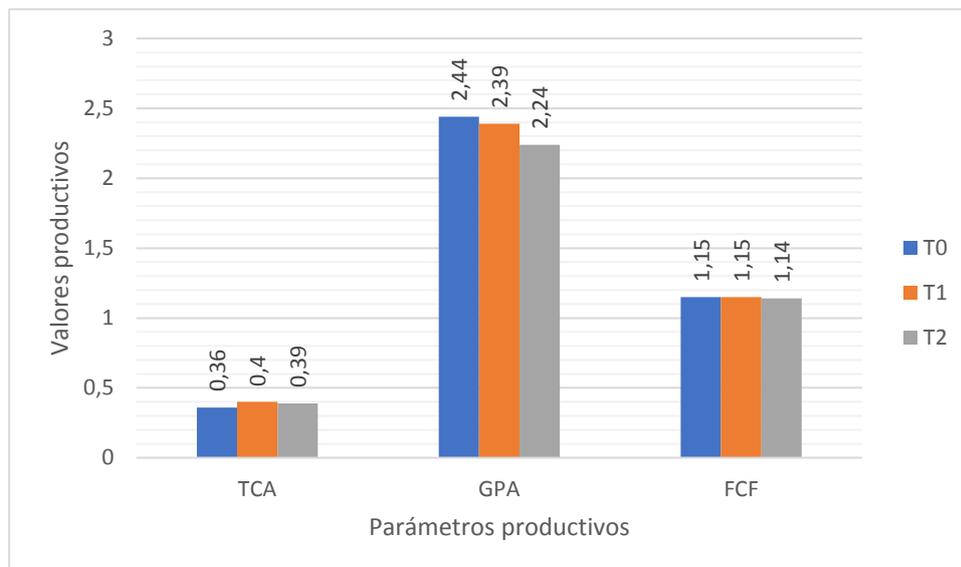


Gráfico 5: *Parámetros productivos obtenidos con las diferentes dietas para alevines, con un nivel de significancia de  $p < 0.05$*

Los resultados obtenidos en los parámetros productos han sido similares y no han tenido diferencia estadísticamente significativa, por lo tanto, con las tres dietas se ha logrado una performance productiva similar en etapa de alevinaje.

La TCA de las dietas (0.39 – 0.4) se encuentran por debajo de las reportadas por Renna y colaboradores (60), donde obtiene valores de 0.88 – 0.9, además de haber utilizado las mismas concentraciones (0%, 25%, 50%) de inclusión de HLMSN del presente estudio. Esta diferencia de TCA se debe a que el ensayo de Renna se realizó en truchas en etapa de engorde, las cuales, se saben que tienen una mayor TCA que animales más jóvenes. Respecto al Factor de Condición de Fulton (FCF), los valores obtenidos (1,14 – 1,15), están por debajo de los obtenidos en el ensayo (1,18 – 1,23) de Renna (60). De igual forma, la diferencia en el FCF, se debe a la diferencia de etapa de vida entre los peces de los ensayos.

La TCA reportada por St-Hilaire y colaboradores (59), en su ensayo con HLMSN es de (1,22 – 1,47), siendo ampliamente mayor a los resultados obtenidos en el presente estudio, debido a la diferencia de edades entre los peces de los ensayos.

Respecto a la FCF, Sharma y Bhat (74) nos reporta que el valor óptimo para trucha arco iris es de 1.83, siendo superior al valor obtenido en el estudio (1,14 – 1,15).

Tabla 9: Parámetros productivos obtenidos en ensayo con juveniles, con un nivel de significancia de  $p < 0.05$

Alimento	PARAMETROS PRODUCTIVOS		
	TCA	GPA	FCF
<b>T0</b>	0,21 <sup>a</sup>	1,7 <sup>a</sup>	1,08 <sup>b</sup>
<b>T1</b>	0,23 <sup>a</sup>	1,57 <sup>a</sup>	1,11 <sup>b</sup>
<b>T2</b>	0,23 <sup>a</sup>	1,63 <sup>a</sup>	1,14 <sup>a</sup>

TCA: Tasa de conversión alimenticia; GPA: Ganancia de peso acumulada; FCF: Factor de condición de Fulton. Medias con letras distintas en sentido vertical, representan diferencias significativas a la prueba de Duncan ( $p < 0.05$ )

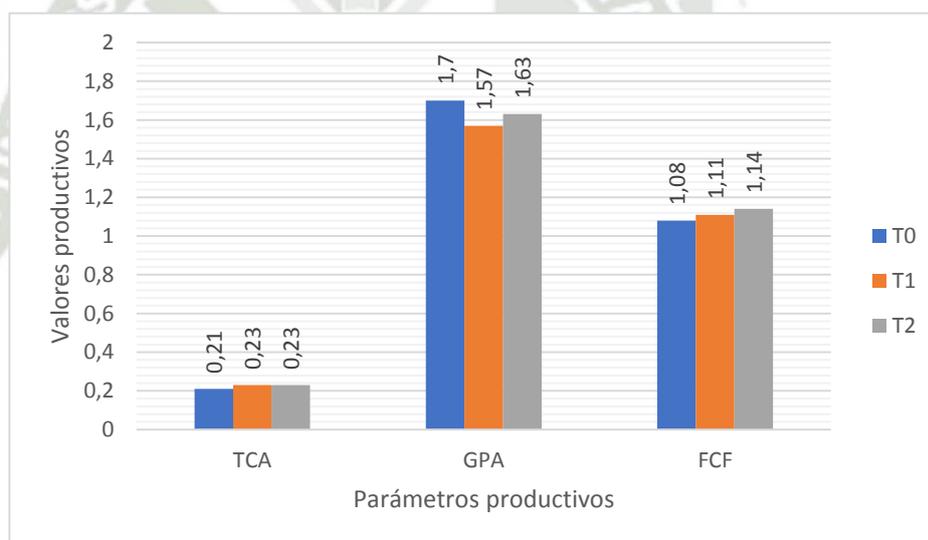


Gráfico 6: Parámetros productivos obtenidos con las diferentes dietas para juveniles, con un nivel de significancia de  $p < 0.05$

Los resultados de parámetros productivos obtenidos en los juveniles no han tenido diferencia estadísticamente significativa entre las dietas T0 y T1 para TCA y GPA, sin embargo, en FCF, la dieta T2 fue superior a la dieta T1 y T0.

La TCA reportada por Aranibar y colaboradores (76), va de 1.01 – 1.03, siendo superior a los valores obtenidos en el presente estudio (0.21 – 0.23). Esto debido a que los peces utilizados en el ensayo de Aranibar están en crecimiento II en transición a engorde, los cuales tienen mucha más edad que los utilizados en el presente estudio.

Los resultados obtenidos por Fabrikov y colaboradores (78), reportan una TCA de 0.77 y 0.78 en dietas con 15% y 30% de HLMSN, respectivamente. Siendo estos superiores a los valores obtenidos en el presente estudio (0.21 – 0.23).

El FCF obtenido en las dietas de juveniles fue similar para T0 y T1, siendo superior el T2 con 1,14, sin embargo, Sharma y Bhat (74) nos reporta que el valor óptimo para trucha arco iris es de 1.83, por lo tanto los valores obtenidos en el presente estudio son inferiores.

Estos resultados son contrastables con los reportados en investigaciones realizadas en nuestra universidad, donde se demuestra el efecto beneficioso de la inclusión de harina de larva de mosca soldado negra en los performance productivas de pollos, cobayas y estudios individuales en vacunos (19) (18) (64) (65) (67) (68) (69) (70).

Ambas etapas del ensayo, tanto alevines como juveniles se utilizaron técnicas alimenticias restrictivas, además de no cumplir con ciclos completos de producción. Las condiciones de laboratorio y la ausencia de un plan de alimentación destinado a producción afectan notoriamente los resultados productivos obtenidos con respecto a los ensayos discutidos.

#### 4.1.4. Resultados y discusión de mérito económico

En la tabla 10 y 11 se muestra el mérito económico calculado para alevines y juveniles de trucha arco iris, respectivamente.

*Tabla 10: Mérito económico para alevines de trucha arco iris con diferentes dietas.*

Alimento	COSTOS EN SOLES		
	T0	T1	T2
<b>Precio de venta</b>	2000	2000	2000
<b>Precio de compra</b>	1001,3	1001,3	1001,3
<b>Gasto de alimento</b>	20,96	19,52	18,8
<b>Mérito económico</b>	95,6 %	95,9 %	96,1 %

T0: Sin reemplazo de HLMSN; T1: Reemplazo con 25% de HLMSN; T2: Reemplazo con 50% de HLMSN.

El mérito económico se encuentra expresado como la cantidad de soles invertidos por millar de alevines. El mayor mérito económico obtenido es con la dieta T2 (96.1%), seguido por la dieta T1 (95.9%) y finalmente por la dieta T0 (95.6%). Se puede ver, entonces, que a mayor reemplazo de la harina de pescado, mayor mérito económico se obtiene.

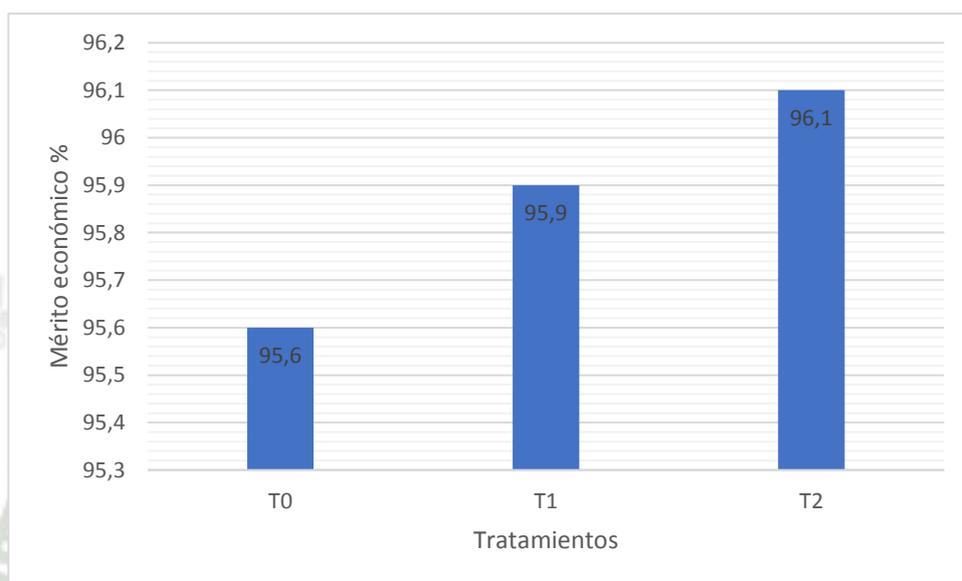


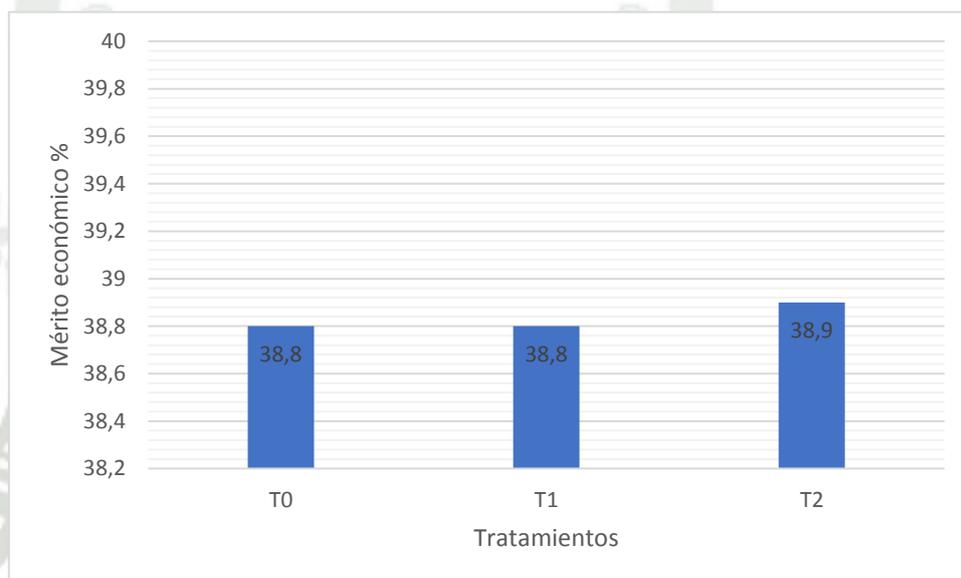
Gráfico 7: Mérito económico obtenido en ensayo de alevines.

Tabla 11: Mérito económico para juveniles de trucha arco iris con diferentes dietas.

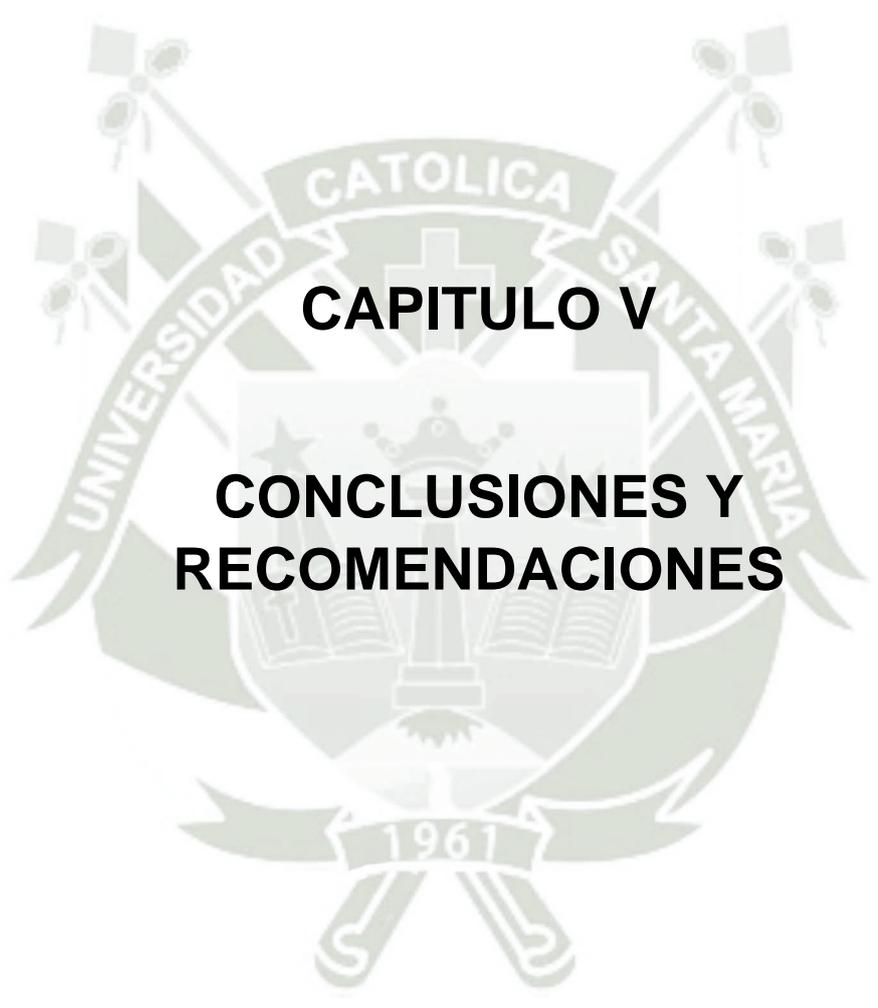
Alimento	COSTOS EN SOLES		
	T0	T1	T2
<b>Precio de venta</b>	1155	1155	1155
<b>Precio de compra</b>	825	825	825
<b>Gasto de alimento</b>	6,94	6,64	6.43
<b>Mérito económico</b>	38,8 %	38,8 %	38,9 %

T0: Sin reemplazo de HLMSN; T1: Reemplazo con 25% de HLMSN; T2: Reemplazo con 50% de HLMSN

El mérito económico se encuentra expresado como la cantidad de soles invertidos por 330 juveniles, que son los que se utilizaron en cada tratamiento. El mérito económico entre las tres dietas, son similares (38.8% - 38.9%). Se puede ver, entonces, que el mérito económico no varía considerablemente entre las dietas con diferentes porcentajes de reemplazo, esto debido a que las dietas de juveniles tienen menos porcentaje de proteína a reemplazar, a diferencia de las dietas de alevines.



*Gráfico 8: Mérito económico obtenido en ensayo de juveniles.*



**CAPITULO V**

**CONCLUSIONES Y  
RECOMENDACIONES**

## CAPITULO V CONCLUSIONES

1. El coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) obtenido en el ensayo con alevines no obtuvo diferencia estadísticamente significativa para los componentes nutricionales (MO, MS, PC, EE) y entre tratamientos (T0, T1, T2). Respecto al ensayo de juveniles, la dieta con 50% de reemplazo con HLMSN (T2), obtuvo los valores más altos de CDA para MS (85,44), MO (87,05), EE (96,53) y PC (91,97) a través del análisis estadístico. Para EE (96,53) no hubo diferencia significativa con el T1 (96,4). En los resultados de CDA para MS, MO obtenidos entre la dieta con 25% de reemplazo con HLMSN (T1) no hubo diferencia significativa con respecto a los obtenidos por la dieta control con 0% de reemplazo (T0). La dieta juvenil con 50% de inclusión de HLMSN (T2) obtuvo los valores más altos de CDA entre los grupos de tratamiento y son comparables con los CDA de marcas comerciales disponibles a nivel local, y a los reportes de otros países dándole valor nutricional alto para su uso en dietas comerciales de juveniles.
2. En el ensayo con alevines, los parámetros productivos de ganancia de peso acumulado (GPA), conversión alimenticia (TCA) y factor de condición de Fulton (FCF) obtenidos, no tuvieron diferencia estadística significativa. En el ensayo con juveniles, los valores de TCA y GPA no tuvieron diferencia estadística significativa, sin embargo, el T2 obtuvo el valor más alto de FCF (1,14), siendo estadísticamente significativo frente a las otras dietas. Los resultados obtenidos deben ser corroborados en condiciones productivas de campo.
3. En el ensayo con alevines, el mayor mérito económico se logró con la dieta de alevines con 50% de reemplazo con HLMSN (T2), seguido por la dieta con 25% de reemplazo (T1). En el ensayo con juveniles, el mérito económico no obtuvo diferencia significativa entre tratamientos, siendo un valor similar con o sin reemplazo de HLMSN (38.8 - 38.9%). Los resultados obtenidos deben ser corroborados en condiciones productivas de campo.

## RECOMENDACIONES

1. Sobre el proceso de extruido y procesamiento de alimento, investigar la probable variabilidad existente en la metodología del procesamiento de la HLMSN para la obtención del extruido y como está afecta el análisis proximal del producto final.
2. Sobre los ensayos de digestibilidad, analizar el CDA en otras etapas de la trucha arco iris, tales como engorde y acabado, donde probablemente se pueda obtener valores diferentes.
3. Para futuras investigaciones de digestibilidad aparente, analizar el CDA de dietas comerciales disponibles en el mercado de alimentos de la macro región Sur, y poder compararlos con los obtenidos utilizando HLMSN.
4. Realizar futuros ensayos de digestibilidad aparente de la HLMSN con otras especies acuícolas de alto interés local, como Tilapia (*Oreochromis niloticus*), Pejerrey Argentino (*Odontesthes bonariensis*), y con peces ornamentales.
5. Sobre los parámetros productivos, realizar mediciones en un sistema de producción semi intensivo o intensivo, bajo un manejo, sanidad y alimentación acorde. Evitando así, que puedan ser alterados por las condiciones brindadas en el laboratorio y el régimen de manejo alimenticio brindadas en el presente estudio.
6. Acorde al punto anterior, se recomienda medir el mérito económico y otros parámetros económicos en condiciones de campo de producción, para obtener el nivel de ganancia económica para el productor, tomando en cuenta todos los gastos y depreciaciones de la infraestructura y manejo.
7. Para futuras investigaciones, se recomienda evaluar el uso de las dietas con inclusión de HLMSN en todo el ciclo productivo de la trucha arco iris y su relación con el flavor del producto final y la cuantificación de los nutrientes del filete.
8. Resulta interesante investigar sobre el efecto de la inclusión de harina de larva de mosca soldado negro como modelo de bioeconomía circular en la acuicultura.



# REFERENCIAS

## BIBLIOGRAFIA

1. Schultz K. Ken Schultz's field guide to freshwater fish. Hoboken: John Wiley & Sons; 2004.
2. Smith G, Stearley R. The classification and scientific names of rainbow and cutthroat trouts. Fisheries. 1989; 14(4-10).
3. Pillay T, Kutty M. Aquaculture Principles and Practices. 2nd ed.: Blackwell Publishing Ltd; 2005.
4. Sedgwick S. Trout Farming Handbook. 4th ed. Oxfords: Fishing New Books; 1985.
5. Woynarovich A, Hoitsy G, Moth-Poulsen T. Small Scale Rainbow Trout Farming Rome: FAO Fisheries And Aquaculture Technical Paper; 2011.
6. Moyle P, Cech J. Fishes an Introduction to Ichthyology. 5th ed. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings; 2004.
7. Ortega H, Hidalgo M, Trevejo G, Correa E, Cortijo A, Meza V, et al. Lista Anotada de los peces de aguas continentales del Perú. 2nd ed. Ambiente Md, editor. Lima: Punto y Grafia S.A.C; 2012.
8. Mendoza P. Desove y fertilización de trucha arco iris por inyección de oxígeno. Tesis de grado. Callao: Universidad Nacional del Callao, Ingeniería Pesquera y de Alimentos; 2007.
9. Leiva C. Manejo reproductivo, crecimiento y supervivencia de alevinos de *Oncorhynchus Mykiss* en Centro Piscícola de Motil; La Libertad Perú. Tesis de grado. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, Ciencias Biologicas; 2019.
10. Billard R. Reproduction in rainbo trout: sex differentiation, dynamics of gametogenesis, biology and preservation of gametes. Aquaculture. 1992; 100(263-298).
11. Woodley N. A world catalog of the Stratiomyidae (Insecta: Diptera) Washington, D.C.: Blackhuys Publishers; 2001.
12. Foyzal M, Fotedar R, Siddik M, Chaklader M, Tay A. Lactobacillus plantarum in black soldier fly (*Hermetia illucens*) meal modulates gut health and immunity of freshwater crayfish (*Cherax cainii*). Fish and Shellfish immunology. 2021 November; 108(42-52).
13. Diclaro J, Kaufman P. Electronic Data information Source - UF/IFAS Extensión. [Online].; 2012 [cited 2020 Diciembre 8. Available from: <https://edis.ifas.ufl.edu/in830>.
14. Gobbi F. Biología reproductiva y caracterización morfológica de los estadios larvarios de *Hermetia illucens* (L., 1758) (Diptera: Stratiomyidae). Bases para su producción masiva en Europa. Tesis doctoral. Alicante : Universidad de Alicante, Biología; 2012.
15. Martinez A, Magaña C, Rojo S. First record of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) on human corpses in Iberian Peninsula. Forensic Science International. 2011; 206(1-3).

16. Chirinos Y. Estudio del ciclo biológico de *Hermetia illucens* bajo las condiciones de laboratorio en la irrigación Majes, Caylloma Arequipa. Tesis de grado. Arequipa: Universidad Católica de Santa María, Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas; 2019.
17. Segura M. Composición bromatológica *Hermetia illucens*. Tesis de grado. Almería: Universidad de Almería , Ciencias experimentales ; 2014.
18. Barriga X. Efecto del uso de diferentes concentraciones de harina de larva de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) sobre el comportamiento productivo de cuyes (*Cavia porcellus*) en crecimiento - engorde alimentados con raciones mixtas. Tesis de maestría. Arequipa: Universidad Católica de Santa María, Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas; 2019.
19. Apaza R. Correlación de índices productivos con suplementación de harina de larva de mosca *Hermetia illucens* a tres niveles versus fuente proteica estandar en alimentación de pollos Ross, Arequipa 2019. Tesis de maestría. Arequipa: Universidad Católica de Santa María, Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas; 2020.
20. Parra A, Soraya N, Gomez C. Effects of larvar density and feeding rates on the bioconversión of vegetable waste using black soldier fly larvae *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). *Waste and biomass valorization*. 2015 Julio; 6(6).
21. Diener S, Gutiérrez F, Zurbrugg C, Tockner K, Studt S. Biological Treatment of Municipal Organic Waste using Black Soldier Fly Larvae. *Waste and Biomass Valorization*. 2011 Junio; 2(4).
22. Ishak S, Kamari A. Biodiesel from black soldier fly larvae grown on restaurant kitchen waste. *Environmental Chemistry Letters*. 2018 Noviembre; 17(1143-1150).
23. Popa R, Green T. Using Black Soldier Fly Larvae for Processing Organic Leachates. *Economic Entomology*. 2012; 105 (2).
24. Halloran A, Flore R, Vantomme P, Roos N. *Edible insects in Sustainable Food Systems* : Springer; 2018.
25. Lucas J, Southgate P, Tucker C. *Aquaculture farming aquatic animals and plants*. 3rd ed. Hoboken: Willey Blackwell; 2019.
26. Parker R. *Aquaculture Science*. 3rd ed. Estados Unidos : Delmar, Cengage Learning; 2012.
27. Geehan J, Zhou X, Gee J, Yimin Y, Vanuccini S. El estado mundial de la pesca y acuicultura. La sostenibilidad en acción Barange M, editor. Roma: FAO; 2020.
28. Tidwell J. *Aquaculture production Systems USA*: Wiley-Blackwell; 2012.
29. Lekang O. *Aquaculture Engineering Norwegian*: Blackwell publishing; 2007.
30. James D, Hillary E, Thierry C, Mark P, Ling C, Pomeroy R, et al. Responsible aquaculture in 2050: Valuing local conditions and human innovations will be key to success. *BioScience*. 2013 Abril; 63(4).

31. Edwards P. Aquaculture environment interactions: Past, present and likely future trends. *Aquaculture*. 2015 Febrero; 447(2-14).
32. Godfray J, Beddington J, Crute I, Haddad L, Lawrence D, Muir J, et al. Food Security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science*. 2010 Febrero; 327(5967).
33. Naylor R, Hardy R, Bureau D, Chiu A, Elliott M, Farrell A, et al. Feeding aquaculture in an era of finite resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2009 May; 106(36).
34. García J, Figueroa R, Bernedo D, Gomez H, León H, Quispe J. Anuario Estadístico Pesquero y Acuicola, la actividad productiva del sector en números. Lima: Ministerio de Producción, Oficina General de Evaluación de Impactos y Estudios Economicos ; 2017.
35. Ayala O. Crianza de truchas en el Perú y sus potencialidades al 2030. In I Congreso Internacional de Acuicultura y Desarrollo Rural; 2017; Cajamarca. p. 27-28.
36. Valle O, Guerrero S, Requejo J, Solis P. Manual de Crianza de Trucha en Ambientes Convencionales FONDEPES , editor. Lima: EINS PERÚ S.A.C; 2014.
37. AFIA. Guía para la incubación y alevinaje de trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss* AFCD , editor. Callao: Industria Gráfica O`Diana ; 2015.
38. Huasasquiche R. Incubación de ovas embrionadas importadas de trucha. In I Congreso Internacional de Acuicultura y Desarrollo Rural 2017; 2017; Cajamarca. p. 47-52.
39. Cahuana F. Digestibilidad aparente de los macronutrientes de alimentos comerciales para truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de engorde. Tesis de grado. Puno: Universidad Nacional del Altiplano, Medicina Veterinaria y Zootecnia; 2015.
40. Lovell T. Nutrition and feeding of fish. 2nd ed. New York: Springer; 1998.
41. Kumar AR, Ringo E. The Gastrointestinal Tract of Fish. In Merrifield D, Ringo E. *Aquaculture Nutrition: Gut Health, Probiotics and Prebiotics*. USA: Wiley Blackwell; 2014. p. 3-5.
42. Yuji R, Carlos de Souza F, Rodolfo E, Eslava P, Baldisserotto B. Anatomy of Teleosts and elasmobranchs. In Baldisserotto B, Criscuolo E, Cyrino J. *Biology and Physiology of Freshwater Neotropical Fish*. USA: Academic Press; 2020. p. 26-28.
43. Moraes G, Cristina de Almeida L. Nutrition and Functional aspects of digestion in Fish. In Baldisserotto B, Criscuolo E, Cyrino J. *Biology and Physiology of Freshwater Neotropical Fish*. USA: Academic Press; 2020. p. 259.
44. Hardy R, Gatlin D, Bureau D, Abramo L, Davis D, Halver J, et al. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp Whitacre P, editor. Washington, DC: The National Academies Press; 2011.
45. Krogdahl A, Sundby A, Bakke A. Gut Secretion and Digestion. In Farrell A, editor. *Encyclopedia of Fish Physiology: From genome to environment*. Amsterdam: Academic Press; 2011. p. 1301-1309.

46. Merida S, Gobbi P, Josefiak D, Mazurkiewicz J, Dudek K, Rawski M, et al. Insect meals in fish nutrition. *Reviews in Aquaculture*. 2018 Julio; 1(24).
47. Jonas L, Martinez J. The high level of protein content reported in insects for food and feed is overestimated. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2017; 62(184-188).
48. Muhamed B, Enisa OM, Lutvija K, Vedad F, Almir T. Answers for Forthcoming Challenge in Modern Agriculture. In 30th Scientific - Experts Conference of Agriculture and Food Industry; 2020; Zagreb. p. 377.
49. Makkar HPS, Tran G, Heuzé V, Ankers P. State - of - art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*. 2014; 197(133).
50. Ruhnke I, Normanta C, Campbell DLM, Iqbal Z, Leea C, Hinch GN, et al. Impact of on-range choice feeding with black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) on flock performance, egg quality, and range use of free - range laying hens. *Animal nutrition*. 2018; 4(452-460).
51. Spranghers T, Ottoboni M, Klootwijk C, Ovynd A, Deboosere S, De Meulenaer B, et al. Nutritional Composition of Black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2017; 97: p. 2594-2600.
52. Liu X, Chen X, Wang H, Yang Q, Rehman K, Li W, et al. Dynamic changes of nutrient composition throughout the entire life cycle of black soldier fly. *PLoS ONE*. 2017; 12(8).
53. Nyakery ME, Ogola H, Ayieco M, Amimo F. Valorisation of organic waste material: growth performance of wild black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) reared on different organic wastes. *Journal of insects as food and feed*. 2017; 3(3): p. 193-202.
54. Meneguz M, Schiavone A, Gai F, Dama A, Lussiana C, Renna M, et al. Effect of rearing substrate on growth performance, waste reduction efficiency and chemical composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *Journal of the science of Food and Agriculture*. 2018 Mayo.
55. Stamer A, Wessels S, Neidigk R, Hoerstgen-Schwark G. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae-meal as an example for a new feed ingredients class in aquaculture diets. In 4th ISOFAR Scientific Conference "Building Organic Bridges", at the Organic World Congress; 2014; Istanbul.
56. Stadlander T, Stamer A, Buser A, Wohlfahrt J, Leiber F, Sandrock C. *Hermetia illucens* meal as fish meal replacement for rainbow trout on farm. *Journal of Insects as Food and Feed*. 2017; 3(3): p. 165-175.
57. Sealey WM, Gaylord TG, Barrows FT, Tomberlin JK, McGuire MA, Ross C, et al. Sensory Analysis of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*, Fed Enriched black soldier fly prepupae *Hermetia illucens*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 2011; 42(1): p. 34-45.
58. Xiao X, Jian P, Zheng L, Cai M, Yu Z, Yu J, et al. Effects of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal protein as a fishmeal replacement on the growth and immune index

- of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). *Aquaculture Research*. 2018; 49(4): p. 1569-1577.
59. St-Hilaire S, Sheppard C, Tomberlin JK, Irving S, Newton L, McGuire MA, et al. Fly Prepupae as a Feedstuff for Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of World Aquaculture Society*. 2007 Marzo; 38(1).
60. Renna M, Schiavone A, Gai F, Dabbou S, Lussiana C, Malfatto V, et al. Evaluation of the suitability of a partially defatted black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal as ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) diets. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2017; 8(57).
61. Dumas A, Raggi T, Barkhouse J, Lewis E, Weltzien E. The oil fraction and partially defatted meal of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) affect differently growth performance, feed efficiency, nutrient deposition, blood glucose and lipid digestibility of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. 2018 Marzo; 492: p. 24-34.
62. Melenchón F, Larrán AM, de Mercado E, Hidalgo MC, Cardenete G, Barroso FG, et al. Potential use of black soldier fly (*Hermetia illucens*) and mealworm (*Tenebrio molitor*) insectmeals in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*. 2020 Noviembre; 1(15).
63. Hoc B, Tomson T, Malumba P, Blecker C, Haissam Jijakli M, Purcaro G, et al. Production of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) using black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae-based formulations with differentiated fatty acid profiles. *Science of the Total Environment*. 2021 Noviembre; 794.
64. Anculle J. Estimación de la degradabilidad ruminal "In situ" de la harina de larva y pupa de la mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) como alimento para ganado lechero Arequipa - Perú. 2018. Tesis de grado. Universidad Católica de Santa María.
65. Rivera V. Efecto de la inclusión de diferentes niveles de harina de larva de mosca soldado (*Hermetia illucens*) sobre el comportamiento productivo de cobayas (*Cavia porcellus*) alimentadas con raciones mixtas. Tesis de grado. Universidad Católica de Santa María; 2023.
66. Reategui J, Barriga X, Obando A, Moscoso G, Manrique P, Salazar I. Harina de larva de *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) como ingrediente proteico de reemplazo parcial de harina de soja en la alimentación de *Cavia porcellus* (Cuy): efecto en el consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia. *Scientia Agropecuaria*. 2020; 11(4).
67. Luperdi A, Calla S, Barriga X, Rivera V, Salazar I, Manrique P, et al. Bioprocessing of organic wastes from poultry and bovine slaughterhouses as food substrate for *Hermetia illucens* larval development. *Global Journal of Environmental Science and Management*. 2022; 9(1).
68. Barriga X, Rivera V, Obando A, Reategui J. Productive indexes of the herbivore *Cavia porcellus* fed with *Hermetia illucens* larvae meal. In *International Symposium on the Nutrition of Herbivores (ISNH 2023) - Oral presentations*; 2023. p. 107.

69. Reátegui J, Rivera V, Obando A, Barriga X. Physicochemical characterisation of *Hermetia illucens* larvae meal as a protein substrate for herbivore feeding. In International Symposium on the Nutrition of Herbivores (ISNH 2023) - Oral presentations; 2023. p. 107.
70. Anculle J, Reategui J, Zegarra J. Ruminant degradability "in situ" of the larvae and pupae black soldier fly meal (*Hermetia illucens*) in dairy cattle. In International Symposium on the Nutrition of Herbivores (ISNH 2023) - Oral presentations; 2023. p. 107.
71. Scott T, Boldaji F. Comparison of inert markers (chromic oxide or insoluble ash Celite) for determining apparent metabolizable energy of wheat - or barley - based broiler diets with or without enzymes. *Poultry science*. 1997 April; 76(4).
72. Maynard L, Loosly J. *Animal nutrition* Maynard L, editor. New York: McGraw Hill Book Company; 1969.
73. Chanco G. Evaluación productiva y económica de juveniles de *Oncorhynchus mykiss* "Trucha arco iris", en la piscigranja Gruta Milagrosa - Acopac - Huancayo. Tesis de grado. Huancayo: Universidad Nacional del Centro, Huancayo; 2013.
74. Sharma R, Bhat R. Length - Weight relationship, condition factor of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) from Kashmir waters. *Annals of Biological Research*. 2015; 6(8).
75. Ortiz A, Pari R, Halley F, María C, Aranibar M. Apparent digestibility of dry matter, organic matter, protein and energy of native Peruvian feedstuffs in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fisheries and Aquatic Sciences*. 2018; 21(32).
76. Aranibar M, Roque B, Portocarrero H, Rodríguez F, Blanco M, Aranibar H, et al. Nutritive value and digestibility of macronutrients from sheep and alpaca skin hydrolysates as a new alternative in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) feeding. *Fisheries and Aquatic Sciences*. 2020; 23(28).
77. Nazzaro J, San Martin D, Perez-Vendrell A, Padrell L, Iñarra B, Orive M, et al. Apparent digestibility coefficients of brewer`s by-products used in feeds for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*. 2021 August; 530.
78. Fabrikov D, Sánchez-Muros M, Barroso F, al. e. Comparative study of growth performance and amino acid catabolism in *Oncorhynchus mykiss*, *Tinca tinca* and *Sparus aurata* and the catabolic changes in response to insect meal inclusion in the diet. *Aquaculture*. 2020 July.

## ANEXOS

### 1. Anexo I: Recepción de peces

*Descarga del transporte*



*Traslado a tanques de exp.*



*Laboratorio de nutrición acuícola*



## 2. Anexo II: Toma de muestras fecales

*Infraestructura experimental*



*Botella colectora de muestra*



## 3. Anexo III: Procesamiento de muestras

*Dsecación de muestras fecales*



*Muestras fecales desecadas*



*Pesaje de muestras desecadas*



*Pool de muestras rotuladas*



#### 4. Anexo IV: Ensayo de digestibilidad

*HCL 4N y beakers de muestras*



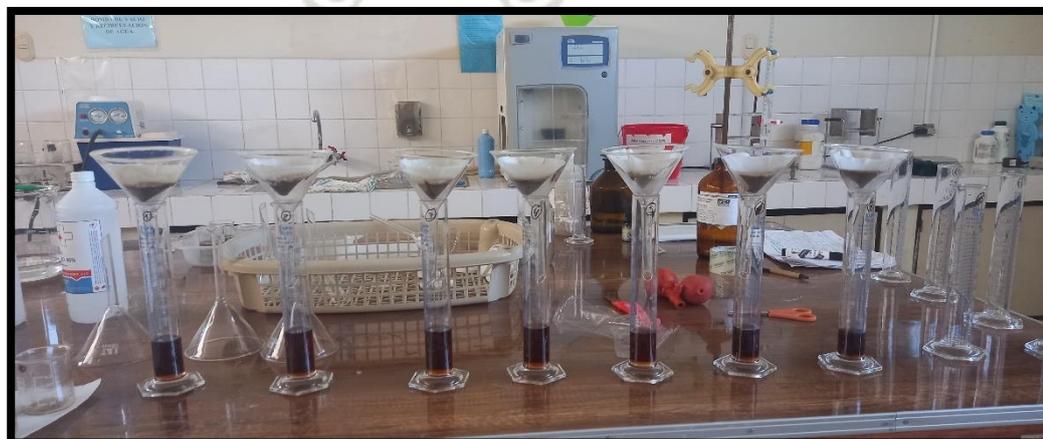
*Muestras combinadas con HCL 4N*



*Muestras en estufa*



*Muestras en filtrado con papel whatman 40*



*Muestras reposadas en horno durante la noche*



*: Muestras en mufla*



*Ronda de muestras fecales en mufla*



*Resultado final de metodología de cálculo de digestibilidad insoluble en ácido*



## 5. Anexo V: Medición biométrica

*Ictiometría de alevin entrada*



*Pesado de alevin entrada*



*Lctiometría de juvenil entrada*



*Pesado de juvenil entrada*



*Pesado de juvenil salida*



*Lctiometría de juvenil salida*



## 6. Anexo VI: Monitoreo de estanques

*Cantidad de oxígeno y saturación en estanque*



*Temperatura en estanque*



*Multiparámetros para monitoreo*



*Fluctuación de oxígeno al medio día*



*Kit de reactivos químicos para determinar compuestos nitrogenados en agua.*



*Inspección de peces diaria*



## 7. Anexo VII: Fórmulas de dietas utilizadas

*Dieta formulada para alevines control (T0)*

<b>TRUCHAS INICIO (ALEVINOS) TESTIGO (SIN HLMS)</b>			
<b>Fórmula</b>	<b>TRUCHAS INICIO (ALEVINOS)</b>		
<b>Fecha y hora</b>	<b>9/01/2022 12:30:35</b>		
<b>Base de datos</b>	<b>Acuicultura</b>		
<b>Grupo</b>	<b>Truchas</b>		
<b>Insumos</b>	<b>Solución %</b>	<b>Kg/TM</b>	<b>Costo S//TM</b>
Harina de Pescado 67%	<b>38,0000</b>	380,0000	2.998,2000
Torta de Soya RICO	<b>17,7414</b>	177,4140	395,6332
Harin Integral Estruida	<b>12,0000</b>	120,0000	301,2000
Harina de trigo	<b>7,3815</b>	73,8150	169,0364
Maiz amarillo duro	<b>6,0000</b>	60,0000	105,0000
HARINA PROTEIKA	<b>6,0000</b>	60,0000	160,2000
Aceite de soya	<b>4,1386</b>	41,3860	274,8030
Aceite pescado	<b>3,0000</b>	30,0000	321,0000
AMINOPRO 75	<b>2,5000</b>	25,0000	223,0000
GLUTEN PRAIRIE GOLD 3890	<b>1,5000</b>	15,0000	90,9000
Caliza molienda fina	<b>0,9585</b>	9,5850	2,4921
TAURINA	<b>0,2000</b>	2,0000	45,6400
DSM ACUACULTURA	<b>0,2000</b>	2,0000	64,4000
BIOTRONIC PX TOP 3	<b>0,1000</b>	1,0000	48,8400
DETOXA PLUS	<b>0,1000</b>	1,0000	23,7700
NOVA MOLD P40	<b>0,1000</b>	1,0000	9,4000
DANOX (antioxidante)	<b>0,0500</b>	0,5000	5,4050
BIOCHOLINE POWDER	<b>0,0300</b>	0,3000	5,2110
<b>TOTAL</b>	<b>100,0000</b>	<b>1.000,0000</b>	<b>5.244,13</b>
La solución óptima al mínimo costo es de 5.2441			

Dieta formulada para alevines con 25% de reemplazo con HLMSN (T1)

<b>TRUCHAS INICIO (ALEVINES) T1 (25% Reemplazo con HLMS)</b>			
<b>Fórmula</b>	<b>TRUCHAS INICIO (ALEVINES)</b>		
<b>Fecha y hora</b>	<b>9/01/2022 13:42:30</b>		
<b>Base de datos</b>	<b>Acuicultura</b>		
<b>Grupo</b>	<b>Truchas</b>		
<b>Insumos</b>	<b>Solución %</b>	<b>Kg/TM</b>	<b>Costo S//TM</b>
Harina de Pescado 67%	<b>28,5000</b>	285,0000	2.248,6500
Torta de Soya RICO	<b>17,6325</b>	176,3250	393,2047
Harin Integral Estruida	<b>12,0000</b>	120,0000	301,2000
Harina de larva de la MS	<b>9,5000</b>	95,0000	380,0000
HARINA PROTEIKA	<b>8,0000</b>	80,0000	213,6000
Harina de trigo	<b>6,7493</b>	67,4930	154,5590
Maiz amarillo duro	<b>6,0000</b>	60,0000	105,0000
Aceite de soya	<b>3,1592</b>	31,5920	209,7709
Aceite pescado	<b>3,0000</b>	30,0000	321,0000
AMINOPRO 75	<b>2,5000</b>	25,0000	223,0000
GLUTEN PRAIRIE GOLD 3890	<b>1,5000</b>	15,0000	90,9000
Fosfato Monocalcico	<b>0,5788</b>	5,7880	26,7984
TAURINA	<b>0,2000</b>	2,0000	45,6400
DSM ACUACULTURA	<b>0,2000</b>	2,0000	64,4000
BIOTRONIC PX TOP 3	<b>0,1000</b>	1,0000	48,8400
DETOXA PLUS	<b>0,1000</b>	1,0000	23,7700
NOVA MOLD P40	<b>0,1000</b>	1,0000	9,4000
DANOX (antioxidante)	<b>0,0500</b>	0,5000	5,4050
L Lisina	<b>0,0474</b>	0,4740	4,5978
DL Methionina	<b>0,0451</b>	0,4510	7,4144
BIOCHOLINE POWDER	<b>0,0300</b>	0,3000	5,2110
L Treonina	<b>0,0077</b>	0,0770	0,9286
<b>TOTAL</b>	<b>100,0000</b>	<b>1.000,0000</b>	<b>4.883,29</b>
La solución óptima al mínimo costo es de 4.8833			

Dieta formulada para alevines con 50% de reemplazo con HLMSN (T2)

<b>TRUCHAS INICIO (ALEVINOS) T2 (50% Reemplazo con HLMS)</b>			
<b>Fórmula</b>	<b>TRUCHAS INICIO (ALEVINOS)</b>		
<b>Fecha y hora</b>	<b>9/01/2022 13:43:28</b>		
<b>Base de datos</b>	<b>Acuicultura</b>		
<b>Grupo</b>	<b>Truchas</b>		
<b>Insumos</b>	<b>Solución %</b>	<b>Kg/TM</b>	<b>Costo S//TM</b>
Torta de Soya RICO	<b>19,3992</b>	193,9920	432,6022
Harina de Pescado 67%	<b>19,0000</b>	190,0000	1.499,1000
Harina de larva de la MS	<b>19,0000</b>	190,0000	760,0000
Harin Integral estruida	<b>10,0000</b>	100,0000	251,0000
HARINA PROTEIKA	<b>7,6800</b>	76,8000	205,0560
Maiz amarillo duro	<b>5,0000</b>	50,0000	87,5000
Harina de trigo	<b>4,0000</b>	40,0000	91,6000
GLUTEN PRAIRIE GOLD 3890	<b>3,8686</b>	38,6860	234,4372
AMINOPRO 75	<b>3,3025</b>	33,0250	294,5830
Aceite de soya	<b>3,0000</b>	30,0000	199,2000
Aceite pescado	<b>3,0000</b>	30,0000	321,0000
Fosfato Monocalcico	<b>1,5034</b>	15,0340	69,6074
L Lisina	<b>0,2924</b>	2,9240	28,3628
TAURINA	<b>0,2000</b>	2,0000	45,6400
DSM ACUACULTURA	<b>0,2000</b>	2,0000	64,4000
DL Methionina	<b>0,1363</b>	1,3630	22,4077
BIOTRONIC PX TOP 3	<b>0,1000</b>	1,0000	48,8400
DETOXA PLUS	<b>0,1000</b>	1,0000	23,7700
NOVA MOLD P40	<b>0,1000</b>	1,0000	9,4000
DANOX (antioxidante)	<b>0,0500</b>	0,5000	5,4050
L Treonina	<b>0,0376</b>	0,3760	4,5346
BIOCHOLINE POWDER	<b>0,0300</b>	0,3000	5,2110
<b>TOTAL</b>	<b>100,0000</b>	<b>1.000,0000</b>	<b>4.703,66</b>

La solución óptima al mínimo costo es de 4.7037

Dieta formulada para juveniles control (T0)

<b>TRUCHAS CRECIMIENTO (JUVENILES) T0 (0% de HLMS)</b>			
<b>Fórmula</b>	<b>TRUCHAS CRECIMIENTO (JUVENILES)</b>		
<b>Fecha y hora</b>	<b>9/01/2022 14:41:17</b>		
<b>Base de datos</b>	<b>Acuicultura</b>		
<b>Grupo</b>	<b>Truchas</b>		
<b>Insumos</b>	<b>Solución %</b>	<b>Kg/TM</b>	<b>Costo S//TM</b>
Harina de Pescado 67%	<b>26,0000</b>	260,0000	2.051,4000
Torta de Soya RICO	<b>25,0000</b>	250,0000	557,5000
Harin Integral estruida	<b>12,5000</b>	125,0000	313,7500
Maiz amarillo duro	<b>9,0000</b>	90,0000	157,5000
HARINA PROTEIKA	<b>8,0000</b>	80,0000	213,6000
Aceite de soya	<b>5,6603</b>	56,6030	375,8439
Harina de trigo	<b>5,2500</b>	52,5000	120,2250
Aceite pescado	<b>3,0000</b>	30,0000	321,0000
AMINOPRO 75	<b>2,0000</b>	20,0000	178,4000
HEMOGLOBINA P	<b>1,7451</b>	17,4510	126,6943
Caliza molienda fina	<b>0,6909</b>	6,9090	1,7963
Fosfato Monocalcico	<b>0,3737</b>	3,7370	17,3023
TAURINA	<b>0,2000</b>	2,0000	45,6400
DSM ACUACULTURA	<b>0,2000</b>	2,0000	64,4000
BIOTRONIC PX TOP 3	<b>0,1000</b>	1,0000	48,8400
DETOXA PLUS	<b>0,1000</b>	1,0000	23,7700
NOVA MOLD P40	<b>0,1000</b>	1,0000	9,4000
DANOX (antioxidante)	<b>0,0500</b>	0,5000	5,4050
BIOCHOLINE POWDER	<b>0,0300</b>	0,3000	5,2110
<b>TOTAL</b>	<b>100,0000</b>	<b>1.000,0000</b>	<b>4.637,68</b>
La solución óptima al mínimo costo es de 4.6377			

Dieta formulada para juveniles con 25% de reemplazo con HLMSN (T1)

<b>TRUCHAS CRECIMIENTO (JUVENILES) T1 (25% Reemplazo con HLMS)</b>			
<b>Fórmula</b>	<b>TRUCHAS CRECIMIENTO (JUVENILES)</b>		
<b>Fecha y hora</b>	<b>9/01/2022 17:45:03</b>		
<b>Base de datos</b>	<b>Acuicultura</b>		
<b>Grupo</b>	<b>Truchas</b>		
<b>Insumos</b>	<b>Solución %</b>	<b>Kg/TM</b>	<b>Costo S//TM</b>
Torta de Soya RICO	<b>25,0000</b>	250,0000	557,5000
Harina de Pescado 67%	<b>19,5000</b>	195,0000	1.538,5500
Harin Integral estruida	<b>12,5000</b>	125,0000	313,7500
Maiz amarillo duro	<b>9,0000</b>	90,0000	157,5000
HARINA PROTEIKA	<b>8,0000</b>	80,0000	213,6000
Harina de larva de la MS	<b>6,5000</b>	65,0000	260,0000
Harina de trigo	<b>5,2500</b>	52,5000	120,2250
Aceite de soya	<b>4,7926</b>	47,9260	318,2286
Aceite pescado	<b>3,0000</b>	30,0000	321,0000
HEMOGLOBINA P	<b>2,4240</b>	24,2400	175,9824
AMINOPRO 75	<b>2,0000</b>	20,0000	178,4000
Fosfato Monocalcico	<b>1,0161</b>	10,1610	47,0454
TAURINA	<b>0,2000</b>	2,0000	45,6400
DSM ACUACULTURA	<b>0,2000</b>	2,0000	64,4000
L Lisina	<b>0,1055</b>	1,0550	10,2335
BIOTRONIC PX TOP 3	<b>0,1000</b>	1,0000	48,8400
DETOXA PLUS	<b>0,1000</b>	1,0000	23,7700
NOVA MOLD P40	<b>0,1000</b>	1,0000	9,4000
DL Methionina	<b>0,0836</b>	0,8360	13,7438
DANOX (antioxidante)	<b>0,0500</b>	0,5000	5,4050
BIOCHOLINE POWDER	<b>0,0300</b>	0,3000	5,2110
L Treonina	<b>0,0252</b>	0,2520	3,0391
Caliza molienda fina	<b>0,0230</b>	0,2300	0,0598
<b>TOTAL</b>	<b>100,0000</b>	<b>1.000,0000</b>	<b>4.431,52</b>

La solución óptima al mínimo costo es de 4.4315

: Dieta formulada para juveniles con 50% de reemplazo con HLMSN (T2)

<b>TRUCHAS CRECIMIENTO (JUVENILES) T2 (50% Reemplazo con HLMS)</b>			
<b>Fórmula</b>	<b>TRUCHAS CRECIMIENTO (JUVENILES)</b>		
<b>Fecha y hora</b>	<b>9/01/2022 14:42:39</b>		
<b>Base de datos</b>	<b>Acuicultura</b>		
<b>Grupo</b>	<b>Truchas</b>		
<b>Insumos</b>	<b>Solución %</b>	<b>Kg/TM</b>	<b>Costo S//TM</b>
Torta de Soya RICO	<b>25,0000</b>	250,0000	557,5000
Harina de Pescado 67%	<b>13,0000</b>	130,0000	1.025,7000
Harina de larva de la MS	<b>13,0000</b>	130,0000	520,0000
Harin Integral estruida	<b>12,5000</b>	125,0000	313,7500
Maiz amarillo duro	<b>8,2587</b>	82,5870	144,5272
HARINA PROTEIKA	<b>8,0000</b>	80,0000	213,6000
Aceite de soya	<b>4,4226</b>	44,2260	293,6606
Harina de trigo	<b>4,0000</b>	40,0000	91,6000
Aceite pescado	<b>3,0000</b>	30,0000	321,0000
HEMOGLOBINA P	<b>3,0000</b>	30,0000	217,8000
AMINOPRO 75	<b>2,9779</b>	29,7790	265,6287
Fosfato Monocalcico	<b>1,6310</b>	16,3100	75,5153
L Lisina	<b>0,2160</b>	2,1600	20,9520
TAURINA	<b>0,2000</b>	2,0000	45,6400
DSM ACUACULTURA	<b>0,2000</b>	2,0000	64,4000
DL Methionina	<b>0,1660</b>	1,6600	27,2904
BIOTRONIC PX TOP 3	<b>0,1000</b>	1,0000	48,8400
DETOXA PLUS	<b>0,1000</b>	1,0000	23,7700
NOVA MOLD P40	<b>0,1000</b>	1,0000	9,4000
DANOX (antioxidante)	<b>0,0500</b>	0,5000	5,4050
L Treonina	<b>0,0478</b>	0,4780	5,7647
BIOCHOLINE POWDER	<b>0,0300</b>	0,3000	5,2110
<b>TOTAL</b>	<b>100,0000</b>	<b>1.000,0000</b>	<b>4.296,95</b>

La solución óptima al mínimo costo es de 4.2970

## 8. Anexo VIII: Matrices de datos de análisis proximal

*Matriz de datos de análisis proximal de alimento y heces*

ANALISIS PROXIMAL ALIMENTO					
MUESTRA	%MS	%MO	%CE	%PC	%EE
Juvenil control	92,25	82,28	9,98	26,97	14,95
Juvenil 25%	89,99	80,18	9,81	23,00	14,14
Juvenil 50%	93,35	83,09	10,26	33,50	15,00
Alevin control	90,54	79,99	10,56	31,64	13,32
Alevin 25%	90,54	80,02	10,52	28,49	12,88
Alevin 50%	93,23	82,71	10,52	25,79	12,78
ANALISIS PROXIMAL HECES					
Alevin Control 1	96,18	71,84	24,34	13,80	5,65
Alevin Control 2	96,23	73,10	23,13	14,79	4,60
Alevin Control 3	96,53	74,67	21,86	14,76	5,89
Alevin control 4	96,30	69,11	27,19	14,24	4,02
Alevin 25% (1)	96,45	75,31	21,15	17,29	6,20
Alevin 25 % (2)	96,61	76,27	20,33	19,29	2,92
Alevin 25% (3)	96,54	76,01	20,53	19,89	6,68
Alevin 25% (4)	96,62	75,59	21,02	22,34	5,80
Alevin 50% (1)	96,50	75,55	20,95	17,29	6,26
Alevin 50% (2)	96,30	76,39	19,91	18,91	9,08
Alevin 50% (3)	96,51	76,24	20,27	17,81	6,23
Alevin 50% (4)	96,28	76,14	20,14	19,02	5,17
Juvenil Control 1	95,71	76,80	18,91	15,83	4,60
Juvenil Control 2	95,29	77,40	17,89	14,91	4,98
Juvenil Control 3	95,04	77,48	17,57	16,47	4,69
Juvenil control 4	95,48	76,40	19,09	24,45	4,71
Juvenil 25% (1)	95,22	76,95	18,27	18,56	3,53
Juvenil 25 % (2)	95,02	77,28	17,74	21,58	3,55
Juvenil 25% (3)	95,65	74,09	21,56	20,32	2,78
Juvenil 25% (4)	95,43	75,94	19,49	21,19	2,90
Juvenil 50% (1)	95,55	75,77	19,79	20,90	3,74
Juvenil 50% (2)	95,72	75,08	20,64	17,56	2,94
Juvenil 50% (3)	95,36	74,69	20,67	18,18	3,86
Juvenil 50% (4)	94,83	76,30	18,53	18,39	3,98

Matriz de datos de ensayo de determinación de cenizas insolubles en ácido

ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE CENIZAS INSOLUBLES EN ÁCIDO (HYFLO SUPER CELL)									
Nº	Código	Descripción	P. muestra (gr)	P. Crisol (gr)	P. muestra + papel filtro	P. crisol + muestra + papel filtro	Crisol + ceniza	% ceniza	% ceniza I.A
1	439-022	Alevin Control 1	2,003	31,0073	8,7152	32,311	31,0431	2,746	2,28
2	440-022	Alevin Control 2	2,0083	29,1336	8,2146	30,4694	29,1692	2,665	2,20
3	441-022	Alevin Control 3	2,0069	30,0796	7,7044	31,4193	30,1161	2,724	2,27
4	442-022	Alevin control 4	2,0025	28,5923	7,6898	29,9048	28,6552	4,792	4,26
5	443-022	Alevin 25% (1)	2,0006	30,8412	9,1086	32,4196	30,9068	4,156	3,65
6	444-022	Alevin 25 % (2)	2,0032	28,9761	8,6195	30,5299	29,0435	4,338	3,83
7	445-022	Alevin 25% (3)	2,0093	28,3025	8,9942	29,8243	28,3598	3,765	3,27
8	446-022	Alevin 25% (4)	2,0054	30,4973	8,3226	32,0263	30,5589	4,029	3,53
9	447-022	Alevin 50% (1)	2,0077	29,0895	8,1634	30,5629	29,1552	4,459	3,94
10	448-022	Alevin 50% (2)	2,0072	31,8442	8,5453	33,3479	31,9047	4,023	3,51
11	449-022	Alevin 50% (3)	2,0088	29,1346	7,5588	30,5858	29,1853	3,494	3,01
12	450-022	Alevin 50% (4)	2,0041	29,5079	8,6483	30,9969	29,563	3,700	3,20
13	451-022	Juvenil Control 1	2,0032	43,682	9,0593	45,1993	43,7407	3,869	3,34
14	452-022	Juvenil Control 2	2,0087	45,6785	8,704	47,0948	45,7325	3,813	3,27
15	453-022	Juvenil Control 3	2,0052	43,3639	8,74	44,7989	43,419	3,840	3,29
16	454-022	Juvenil control 4	2,0057	42,7913	8,7899	44,2088	42,8432	3,661	3,14
17	455-022	Juvenil 25% (1)	2,0091	45,4025	8,631	47,1998	45,5215	6,621	5,94
18	456-022	Juvenil 25 % (2)	2,0036	43,3985	8,4372	44,6506	43,482	6,669	5,98
19	457-022	Juvenil 25% (3)	2,0001	42,8309	8,1921	44,307	42,9432	7,608	6,92
20	458-022	Juvenil 25% (4)	2,0066	43,729	9,1575	45,3078	43,8428	7,208	6,52
21	459-022	Juvenil 50% (1)	2,0089	43,0458	8,5	44,6394	43,1557	6,896	6,23
22	460-022	Juvenil 50% (2)	2,0064	32,2251	9,4605	33,8445	32,3622	8,466	7,74
23	461-022	Juvenil 50% (3)	2,0045	28,8189	7,9705	30,3609	28,9399	7,847	7,12
24	462-022	Juvenil 50% (4)	2,0049	30,6936	8,2507	32,2134	30,8139	7,916	7,15

Matriz de datos de digestibilidad aparente total por nutriente

TABLA FINAL DE DIGESTIBILIDAD APARENTE TOTAL Y POR NUTRIENTE							
Código	Descripción	CDA	CDA MS	CDA MO	CDA CENIZA	CDA PROTEINA	CDA EE
439-022	Alevin Control 1	95,616	95,343	96,063	89,89	98,088	98,141
440-022	Alevin Control 2	95,464	95,179	95,854	90,06	97,880	98,434
441-022	Alevin Control 3	95,595	95,303	95,887	90,87	97,945	98,051
442-022	Alevin control 4	97,650	97,500	97,969	93,95	98,942	99,291
443-022	Alevin 25% (1)	97,259	97,080	97,421	94,49	98,337	98,681
444-022	Alevin 25 % (2)	97,390	97,215	97,512	94,96	98,232	99,409
445-022	Alevin 25% (3)	96,947	96,744	97,100	94,04	97,869	98,416
446-022	Alevin 25% (4)	97,169	96,979	97,326	94,34	97,780	98,724
447-022	Alevin 50% (1)	97,464	97,375	97,683	94,95	98,300	98,759
448-022	Alevin 50% (2)	97,155	97,061	97,372	94,62	97,914	97,979
449-022	Alevin 50% (3)	96,680	96,563	96,939	93,60	97,707	98,382
450-022	Alevin 50% (4)	96,878	96,776	97,126	94,02	97,698	98,738
451-022	Juvenil Control 1	85,042	84,482	86,037	43,31	91,219	95,395
452-022	Juvenil Control 2	84,724	84,221	85,629	45,21	91,553	94,912
453-022	Juvenil Control 3	84,799	84,339	85,686	46,46	90,716	95,236
454-022	Juvenil control 4	84,056	83,497	85,195	38,98	85,542	94,979
455-022	Juvenil 25% (1)	83,178	82,200	83,855	68,66	86,423	95,804
456-022	Juvenil 25 % (2)	83,268	82,333	83,874	69,73	84,300	95,802
457-022	Juvenil 25% (3)	85,543	84,634	86,642	68,21	87,228	97,155
458-022	Juvenil 25% (4)	84,659	83,732	85,472	69,51	85,865	96,851
459-022	Juvenil 50% (1)	83,947	83,568	85,362	69,04	89,984	95,999
460-022	Juvenil 50% (2)	87,086	86,758	88,331	74,02	93,233	97,465
461-022	Juvenil 50% (3)	85,961	85,657	87,379	71,72	92,380	96,384
462-022	Juvenil 50% (4)	86,007	85,784	87,149	74,72	92,317	96,283

## 9. Anexo IX: Matrices de datos productivos

Matriz de datos productivos alevines tanque 1

BIOMASA KG:	1,16			BIOMASA KG:	3,94			PECES:	200		
ALIMENTO KG:	0,04			ALIMENTO TOTAL	0,85			DIAS:	20		
BIOMETRIA ALEVINES ENTRADA TANQUE 1			BIOMETRIA ALEVINES SALIDA TANQUE 1			PARAMETROS SALIDA TANQUE 1					
NRO	TALLA cm	PESO Gr	NRO	TALLA cm	PESO Gr	TCA	GPA	FC PROMEDIO	FC		
1	5	5,1	1	11,1	16,8	0,31	2,78	1,17	1,23		
2	5,5	5,5	2	12,4	21,3				1,12		
3	5,2	5,1	3	11,1	16,1				1,18		
4	5,6	5,9	4	11	15,3				1,15		
5	6,2	6,2	5	12,1	19,8				1,12		
6	4,5	4,9	6	12	19,2				1,11		
7	6,9	6,8	7	12,8	25,3				1,21		
8	6,1	6	8	12,1	22,1				1,25		
9	7,1	6,9	9	12,4	23,3				1,22		
10	5,5	5,6	10	11,7	17,6				1,10		
PROMEDIO	5,76	5,8	PROMEDIO	11,87	19,68						

TCA = TASA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA  
GPA = GANANCIA DE PESO ACUMULADA  
FC = FACTOR DE CONDICION DE FULTON

Matriz de datos productivos alevines tanque 2

BIOMASA KG:	1,184			BIOMASA KG:	2,99			PECES:	200		
ALIMENTO KG:	0,04			ALIMENTO TOTAL	0,87			DIAS:	20		
BIOMETRIA ALEVINES ENTRADA TANQUE 2			BIOMETRIA ALEVINES SALIDA TANQUE 2			PARAMETROS SALIDA TANQUE 2					
NRO	TALLA cm	PESO gr	NRO	TALLA cm	PESO gr	TCA	GPA	FC PROMEDIO	FC		
1	5,1	5,3	1	10,5	13,4	0,48	1,80	1,14	1,16		
2	5,2	5,4	2	10,4	12,7				1,13		
3	4,2	4,5	3	8,5	6,8				1,11		
4	6,9	7	4	11,9	19,9				1,18		
5	6,8	6,5	5	11,6	18,3				1,17		
6	6,2	6,4	6	11,1	16				1,17		
7	4,5	4,7	7	8,8	7,9				1,16		
8	7,3	7,5	8	13	25,6				1,17		
9	6,8	6,9	9	11,9	17,7				1,05		
10	5,1	5	10	10	11,1				1,11		
PROMEDIO	5,81	5,92	PROMEDIO	10,77	14,94						

TCA = TASA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA  
GPA = GANANCIA DE PESO ACUMULADA  
FC = FACTOR DE CONDICION DE FULTON

Matriz de datos productivos alevines tanque 3

BIOMASA KG:	1,18			BIOMASA KG:	3,61			PECES:	200		
ALIMENTO KG:	0,04			ALIMENTO TOTAL	0,87			DIAS:	20		
BIOMETRIA ALEVINES ENTRADA TANQUE 3			BIOMETRIA ALEVINES SALIDA TANQUE 3			PARAMETROS SALIDA TANQUE 3					
NRO	TALLA cm	PESO gr	NRO	TALLA cm	PESO gr	TCA	GPA	FC PROMEDIO	FC		
1	5,5	5,8	1	10,5	14,2	0,36	2,43	1,14	1,23		
2	5,1	5,3	2	10,9	17,4				1,34		
3	5,3	5	3	12,6	21,7				1,08		
4	5,6	5,7	4	11	14,5				1,09		
5	7,1	7,3	5	13	23,3				1,06		
6	5,5	5,2	6	12,8	23,8				1,13		
7	6,2	6,5	7	12,3	20,5				1,10		
8	6,6	6,1	8	11,1	14,3				1,05		
9	6,9	6,5	9	10	12				1,20		
10	5,4	5,6	10	11,8	19				1,16		
PROMEDIO	5,92	5,9	PROMEDIO	11,6	18,07						

TCA = TASA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA  
GPA = GANANCIA DE PESO ACUMULADA  
FC = FACTOR DE CONDICION DE FULTON

Matriz de datos productivos alevines tanque 4

BIOMASA KG:	1,164			BIOMASA KG:	3,92			PECES:	200		
ALIMENTO KG:	0,04			ALIMENTO TOTAL	0,85			DIAS:	20		
BIOMETRIA ALEVINES ENTRADA TANQUE 4			BIOMETRIA ALEVINES SALIDA TANQUE 4			PARAMETROS SALIDA TANQUE 4					
NRO	TALLA cm	PESO gr	NRO	TALLA cm	PESO gr	TCA	GPA	FC PROMEDIO	FC		
1	5,5	5,5	1	11	16,1	0,31	2,75	1,16	1,21		
2	5,1	5,2	2	12	19,9				1,15		
3	4,9	5	3	11,6	17,1				1,10		
4	5,7	5,9	4	11,5	16,8				1,10		
5	6,3	6	5	12	19,7				1,14		
6	4,9	5,1	6	11,9	19,2				1,14		
7	6,4	6,6	7	12,5	23,4				1,20		
8	5,9	6	8	12	21				1,22		
9	6,5	6,2	9	12,6	23,9				1,19		
10	6,8	6,7	10	11,9	18,8				1,12		
PROMEDIO	5,8	5,82	PROMEDIO	11,9	19,59						

TCA = TASA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA  
GPA = GANANCIA DE PESO ACUMULADA  
FC = FACTOR DE CONDICION DE FULTON

Matriz de datos productivos alevines tanque 5

BIOMASA KG:	1,25			BIOMASA KG:	4,00			PECES:	200		
ALIMENTO KG:	0,05			ALIMENTO TOTAL	0,92			DIAS:	20		
BIOMETRIA ALEVINES ENTRADA TANQUE 5			BIOMETRIA ALEVINES SALIDA TANQUE 5			PARAMETROS SALIDA TANQUE 5					
NRO	TALLA cm	PESO gr	NRO	TALLA cm	PESO gr	TCA	GPA	FC PROMEDIO	FC		
1	6,1	6,5	1	11,9	18,5	0,33	2,75	1,14	1,10		
2	6	6,2	2	12	19,5				1,13		
3	6,5	6,9	3	11,8	18,6				1,13		
4	5,9	5,8	4	12,5	23,1				1,18		
5	6,1	6,3	5	11,5	17,5				1,15		
6	6,4	6,6	6	12,1	19,1				1,08		
7	6,8	6,9	7	12,6	23				1,15		
8	6,1	6	8	11,9	19				1,13		
9	5,5	5,6	9	11,7	18,2				1,14		
10	5,9	5,7	10	12,6	23,6				1,18		
PROMEDIO	6,13	6,25	PROMEDIO	12,06	20,01						

TCA = TASA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA  
GPA = GANANCIA DE PESO ACUMULADA  
FC = FACTOR DE CONDICION DE FULTON

Matriz de datos productivos alevines tanque 6

BIOMASA KG:	1,192			BIOMASA KG:	3,91			PECES:	200		
ALIMENTO KG:	0,04			ALIMENTO TOTAL	0,87			DIAS:	20		
BIOMETRIA ALEVINES ENTRADA TANQUE 6			BIOMETRIA ALEVINES SALIDA TANQUE 6			PARAMETROS SALIDA TANQUE 6					
NRO	TALLA cm	PESO gr	NRO	TALLA cm	PESO gr	TCA	GPA	FC PROMEDIO	FC		
1	5,8	6,1	1	11,5	17,2	0,32	2,71	1,16	1,13		
2	5,9	6	2	12	19,8				1,15		
3	5,6	5,9	3	11,5	17,1				1,12		
4	5,2	5,5	4	11,2	16,1				1,15		
5	5,9	6,1	5	12,5	24,3				1,24		
6	6,5	6,1	6	12	20,1				1,16		
7	6,4	6,3	7	12,2	19,8				1,09		
8	6,6	6,2	8	12,4	23,9				1,25		
9	5,4	5,6	9	11,6	17,9				1,15		
10	5,9	5,8	10	11,9	19,1				1,13		
PROMEDIO	5,92	5,96	PROMEDIO	11,88	19,53						

TCA = TASA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA  
GPA = GANANCIA DE PESO ACUMULADA  
FC = FACTOR DE CONDICION DE FULTON

Matriz de datos productivos alevines tanque 7

BIOMASA KG:	1,156			BIOMASA KG:	3,95			PECES:	200		
ALIMENTO KG:	0,04			ALIMENTO TOTAL	0,85			DIAS:	20		
BIOMETRIA ALEVINES ENTRADA TANQUE 7			BIOMETRIA ALEVINES SALIDA TANQUE 7			PARAMETROS SALIDA TANQUE 7					
NRO	TALLA cm	PESO gr	NRO	TALLA cm	PESO gr	TCA	GPA	FC PROMEDIO	FC		
1	4,9	5	1	13,1	24,7	0,30	2,79	1,15	1,10		
2	5,4	5,2	2	11,9	20,8				1,23		
3	5,6	5,4	3	11,2	18				1,28		
4	5,9	6	4	12,8	24,8				1,18		
5	5,8	5,9	5	12,1	20				1,13		
6	5,1	4,9	6	11,1	17,3				1,26		
7	6,6	6,5	7	12,3	20,3				1,09		
8	5,9	6,2	8	12,4	21,4				1,12		
9	6,9	7	9	11,5	16,1				1,06		
10	5,6	5,7	10	10,9	13,9				1,07		
PROMEDIO	5,77	5,78	PROMEDIO	11,93	19,73						

TCA = TASA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA  
GPA = GANANCIA DE PESO ACUMULADA  
FC = FACTOR DE CONDICION DE FULTON

Matriz de datos productivos alevines tanque 8

BIOMASA KG:	1,166			BIOMASA KG:	2,48			PECES:	200		
ALIMENTO KG:	0,04			ALIMENTO TOTAL	0,86			DIAS:	20		
BIOMETRIA ALEVINES ENTRADA TANQUE 8			BIOMETRIA ALEVINES SALIDA TANQUE 8			PARAMETROS SALIDA TANQUE 8					
NRO	TALLA cm	PESO gr	NRO	TALLA cm	PESO gr	TCA	GPA	FC PROMEDIO	FC		
1	4,8	4,6	1	8,5	7,9	0,65	1,31	1,18	1,29		
2	5,1	5,3	2	11,9	18,5				1,10		
3	5,5	5,6	3	10	10,8				1,08		
4	5,9	5,7	4	9	9,3				1,28		
5	6,5	6,7	5	11	14,3				1,07		
6	5	5,1	6	8,5	7,5				1,22		
7	7,1	6,9	7	10	12,06				1,21		
8	6,5	6,4	8	11,5	18,7				1,23		
9	5,6	5,9	9	10,5	13				1,12		
10	5,9	6,1	10	9,9	11,8				1,22		
PROMEDIO	5,79	5,83	PROMEDIO	10,08	12,386						

TCA = TASA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA  
GPA = GANANCIA DE PESO ACUMULADA  
FC = FACTOR DE CONDICION DE FULTON

Matriz de datos productivos alevines tanque 9

BIOMASA KG:	1,194			BIOMASA KG:	3,49			PECES:	200		
ALIMENTO KG:	0,04			ALIMENTO TOTAL	0,88			DIAS:	20		
BIOMETRIA ALEVINES ENTRADA TANQUE 9			BIOMETRIA ALEVINES SALIDA TANQUE 9			PARAMETROS SALIDA TANQUE 9					
NRO	TALLA cm	PESO gr	NRO	TALLA cm	PESO gr	TCA	GPA	FC PROMEDIO	FC		
1	5,1	5,3	1	11,5	18,1	0,38	2,30	1,17	1,19		
2	5,9	6,1	2	11,8	20,3				1,24		
3	5,8	6	3	12,5	21,5				1,10		
4	5,5	5,4	4	11,4	17,6				1,19		
5	6,5	6,6	5	11,7	18,9				1,18		
6	5,1	5,3	6	11,1	15,4				1,13		
7	6,3	6,1	7	12,1	21,8				1,23		
8	6,1	6	8	9,8	10				1,06		
9	6,8	6,9	9	11,2	17,2				1,22		
10	6,1	6	10	10,6	13,7				1,15		
PROMEDIO	5,92	5,97	PROMEDIO	11,37	17,45						

TCA = TASA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA  
GPA = GANANCIA DE PESO ACUMULADA  
FC = FACTOR DE CONDICION DE FULTON

Matriz de datos productivos alevines tanque 10

BIOMASA KG:	1,168		BIOMASA KG:	3,82		PECES:	200		
ALIMENTO KG:	0,04		ALIMENTO TOTAL	0,86		DIAS:	20		
BIOMETRIA ALEVINES ENTRADA TANQUE 10			BIOMETRIA ALEVINES SALIDA TANQUE 10			PARAMETROS SALIDA TANQUE 10			
NRO	TALLA cm	PESO gr	NRO	TALLA cm	PESO gr	TCA	GPA	FC PROMEDIO	FC
1	5,5	5,4	1	12,6	23,16	0,32	2,65	1,13	1,16
2	5,1	5,2	2	10,6	12,99				1,09
3	5,5	5,5	3	13,1	26,6				1,18
4	5,6	5,5	4	10,4	12,97				1,15
5	5,9	6	5	11,5	18,1				1,19
6	5	5,1	6	11,3	16,2				1,12
7	5,8	5,9	7	12	19,5				1,13
8	6	6,2	8	13,2	25,8				1,12
9	6,5	6,8	9	10,5	12,1				1,05
10	6,9	6,8	10	12,8	23,7				1,13
PROMEDIO	5,78	5,84	PROMEDIO	11,8	19,112				

TCA = TASA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA  
GPA = GANANCIA DE PESO ACUMULADA  
FC = FACTOR DE CONDICION DE FULTON

Matriz de datos productivos alevines tanque 11

BIOMASA KG:	1,208		BIOMASA KG:	3,39		PECES:	200		
ALIMENTO KG:	0,04		ALIMENTO TOTAL	0,89		DIAS:	20		
BIOMETRIA ALEVINES ENTRADA TANQUE 11			BIOMETRIA ALEVINES SALIDA TANQUE 11			PARAMETROS SALIDA TANQUE 11			
NRO	TALLA cm	PESO gr	NRO	TALLA cm	PESO gr	TCA	GPA	FC PROMEDIO	FC
1	5,6	5,7	1	12,3	18,91	0,41	2,18	1,15	1,02
2	5,9	5,8	2	10,8	15				1,19
3	5,9	6	3	9,8	11,21				1,19
4	5,1	5,2	4	9,5	9,2				1,07
5	4,9	5	5	11,3	17,7				1,23
6	6,1	6,2	6	11,2	16,05				1,14
7	6,6	6,8	7	12,5	22,68				1,16
8	6,5	6,6	8	11,8	19,6				1,19
9	6,9	6,8	9	11,9	19,7				1,17
10	6,1	6,3	10	11,8	19,2				1,17
PROMEDIO	5,96	6,04	PROMEDIO	11,29	16,925				

TCA = TASA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA  
GPA = GANANCIA DE PESO ACUMULADA  
FC = FACTOR DE CONDICION DE FULTON

Matriz de datos productivos alevines tanque 12

BIOMASA KG:	1,16		BIOMASA KG:	3,02		PECES:	200		
ALIMENTO KG:	0,04		ALIMENTO TOTAL	0,85		DIAS:	20		
BIOMETRIA ALEVINES ENTRADA TANQUE 12			BIOMETRIA ALEVINES SALIDA TANQUE 12			PARAMETROS SALIDA TANQUE 12			
NRO	TALLA cm	PESO gr	NRO	TALLA cm	PESO gr	TCA	GPA	FC PROMEDIO	FC
1	5	5,1	1	10,8	15,42	0,46	1,86	1,14	1,22
2	5,5	5,5	2	9,5	8,92				1,04
3	5,2	5,1	3	10	11,5				1,15
4	5,6	5,9	4	10	10,59				1,06
5	6,2	6,2	5	11,8	18,7				1,14
6	4,5	4,9	6	11,5	18,9				1,24
7	6,9	6,8	7	10,5	13,81				1,19
8	6,1	6	8	10,4	13,14				1,17
9	7,1	6,9	9	12,5	21,28				1,09
10	5,5	5,6	10	12,1	18,9				1,07
PROMEDIO	5,76	5,8	PROMEDIO	10,91	15,116				

TCA = TASA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA  
GPA = GANANCIA DE PESO ACUMULADA  
FC = FACTOR DE CONDICION DE FULTON

Matriz de datos productivos juveniles tanque 1

BIOMASA KG:	0,8305		BIOMASA KG:	2,58		PECES:	60		
ALIMENTO KG:	0,02		ALIMENTO TOTAL	0,36		DIAS:	15		
BIOMETRIA JUVENILES ENTRADA TANQUE 1			BIOMETRIA JUVENILES SALIDA TANQUE 1			PARAMETROS SALIDA TANQUE 1			
NRO	TALLA cm	PESO gr	NRO	TALLA cm	PESO gr	TCA	GPA	FC PROMEDIO	FC
1	10	11,5	1	18,4	74,04	0,20	1,75	1,09	1,19
2	10,9	14,5	2	16,8	44,4				0,94
3	10,5	13,81	3	14,2	31,31				1,09
4	10,4	13,14	4	15,8	44				1,12
5	11,5	15,6	5	14,1	33				1,18
6	11	14,5	6	14,5	31,6				1,04
PROMEDIO	10,7	13,84	PROMEDIO	15,63	43,06				

TCA = TASA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA  
GPA = GANANCIA DE PESO ACUMULADA  
FC = FACTOR DE CONDICION DE FULTON

Matriz de datos productivos juveniles tanque 2

BIOMASA KG:	0,842		BIOMASA KG:	2,92		PECES:	60		
ALIMENTO KG:	0,02		ALIMENTO TOTAL	0,36		DIAS:	15		
BIOMETRIA JUVENILES ENTRADA TANQUE 2			BIOMETRIA JUVENILES SALIDA TANQUE 2			PARAMETROS SALIDA TANQUE 2			
NRO	TALLA cm	PESO gr	NRO	TALLA cm	PESO gr	TCA	GPA	FC PROMEDIO	FC
1	10,4	13,1	1	17	54,72	0,17	2,08	1,05	1,11
2	11,5	14,9	2	17,1	55				1,10
3	10,6	13,9	3	18,2	65				1,08
4	10	12,9	4	17,8	53,48				0,95
5	11,9	15,6	5	14,3	28,12				0,96
6	10,5	13,8	6	14,9	35,5				1,07
PROMEDIO	10,8	14,03	PROMEDIO	16,55	48,64				

TCA = TASA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA  
GPA = GANANCIA DE PESO ACUMULADA  
FC = FACTOR DE CONDICION DE FULTON

Matriz de datos productivos juveniles tanque 3

BIOMASA KG:	0,79		BIOMASA KG:	2,08		PECES:	60		
ALIMENTO KG:	0,02		ALIMENTO TOTAL	0,34		DIAS:	15		
BIOMETRIA JUVENILES ENTRADA TANQUE 3			BIOMETRIA JUVENILES SALIDA TANQUE 3			PARAMETROS SALIDA TANQUE 3			
NRO	TALLA cm	PESO gr	NRO	TALLA cm	PESO gr	TCA	GPA	FC PROMEDIO	FC
1	9,8	11	1	16,4	46,5	0,26	1,29	1,07	1,05
2	10,5	13,8	2	14,5	36,5				1,20
3	10,1	12,9	3	12	19				1,10
4	11	14,1	4	16,4	45,7				1,04
5	10,4	13	5	13	21,8				0,99
6	10,9	14,2	6	15,4	38,11				1,04
PROMEDIO	10,5	13,17	PROMEDIO	14,62	34,60				

TCA = TASA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA  
GPA = GANANCIA DE PESO ACUMULADA  
FC = FACTOR DE CONDICION DE FULTON

Matriz de datos productivos juveniles tanque 4

BIOMASA KG:	0,895		BIOMASA KG:	2,58		PECES:	60		
ALIMENTO KG:	0,03		ALIMENTO TOTAL	0,39		DIAS:	15		
BIOMETRIA JUVENILES ENTRADA TANQUE 4			BIOMETRIA JUVENILES SALIDA TANQUE 4			PARAMETROS SALIDA TANQUE 4			
NRO	TALLA cm	PESO gr	NRO	TALLA cm	PESO gr	TCA	GPA	FC PROMEDIO	FC
1	11	14,2	1	16,2	48,3	0,23	1,68	1,12	1,14
2	11,5	14,9	2	16,4	50,3				1,14
3	11,2	14,5	3	14,8	35,6				1,10
4	12,1	16,5	4	16,5	45,6				1,02
5	10,5	13,6	5	16	47,7				1,16
6	11,9	15,8	6	13,7	30,1				1,17
PROMEDIO	11,4	14,92	PROMEDIO	15,60	42,93				

TCA = TASA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA  
GPA = GANANCIA DE PESO ACUMULADA  
FC = FACTOR DE CONDICION DE FULTON

Matriz de datos productivos juveniles tanque 5

BIOMASA KG:	0,879			BIOMASA KG:	2,58			PECES:	60		
ALIMENTO KG:	0,03			ALIMENTO TOTAL	0,38			DIAS:	15		
BIOMETRIA JUVENILES ENTRADA TANQUE 5			BIOMETRIA JUVENILES SALIDA TANQUE 5			PARAMETROS SALIDA TANQUE 5					
NRO	TALLA cm	PESO gr	NRO	TALLA cm	PESO gr	TCA	GPA	FC PROMEDIO	FC		
1	11	14,2	1	16,8	54,2	0,22	1,70	1,14	1,14		
2	11,2	14,6	2	15,5	43,5				1,17		
3	11,5	14,6	3	16	47				1,15		
4	10,5	13,8	4	14,5	36,4				1,19		
5	11,9	15,1	5	15,9	45,2				1,12		
6	12	15,6	6	14,5	32				1,05		
PROMEDIO	11,4	14,65	PROMEDIO	15,53	43,05						

TCA = TASA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA  
GPA = GANANCIA DE PESO ACUMULADA  
FC = FACTOR DE CONDICION DE FULTON

Matriz de datos productivos juveniles tanque 6

BIOMASA KG:	0,815			BIOMASA KG:	2,50			PECES:	60		
ALIMENTO KG:	0,02			ALIMENTO TOTAL	0,35			DIAS:	15		
BIOMETRIA JUVENILES ENTRADA TANQUE 6			BIOMETRIA JUVENILES SALIDA TANQUE 6			PARAMETROS SALIDA TANQUE 6					
NRO	TALLA cm	PESO gr	NRO	TALLA cm	PESO gr	TCA	GPA	FC PROMEDIO	FC		
1	10,1	12,8	1	16,6	50,2	0,21	1,68	1,12	1,10		
2	10,8	13,8	2	15,5	41,3				1,11		
3	10,6	13,5	3	15,1	37,8				1,10		
4	10,6	13,2	4	15,5	44,3				1,19		
5	10,9	14	5	16,1	45,5				1,09		
6	11,5	14,2	6	14	30,5				1,11		
PROMEDIO	10,8	13,58	PROMEDIO	15,47	41,60						

TCA = TASA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA  
GPA = GANANCIA DE PESO ACUMULADA  
FC = FACTOR DE CONDICION DE FULTON

Matriz de datos productivos juveniles tanque 7

BIOMASA KG:	0,845			BIOMASA KG:	2,32			PECES:	60		
ALIMENTO KG:	0,02			ALIMENTO TOTAL	0,36			DIAS:	15		
BIOMETRIA JUVENILES ENTRADA TANQUE 7			BIOMETRIA JUVENILES SALIDA TANQUE 7			PARAMETROS SALIDA TANQUE 7					
NRO	TALLA cm	PESO gr	NRO	TALLA cm	PESO gr	TCA	GPA	FC PROMEDIO	FC		
1	11	14,1	1	16,8	57	0,25	1,47	1,07	1,20		
2	11,5	14,9	2	16	45,6				1,11		
3	10,8	13,9	3	15,5	40				1,07		
4	11,1	14	4	16	41,2				1,01		
5	11	14,2	5	14	28,7				1,05		
6	10,5	13,4	6	12,6	19,4				0,97		
PROMEDIO	11,0	14,08	PROMEDIO	15,15	38,65						

TCA = TASA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA  
GPA = GANANCIA DE PESO ACUMULADA  
FC = FACTOR DE CONDICION DE FULTON

Matriz de datos productivos juveniles tanque 8

BIOMASA KG:	0,834			BIOMASA KG:	2,30			PECES:	60		
ALIMENTO KG:	0,02			ALIMENTO TOTAL	0,36			DIAS:	15		
BIOMETRIA JUVENILES ENTRADA TANQUE 8			BIOMETRIA JUVENILES SALIDA TANQUE 8			PARAMETROS SALIDA TANQUE 8					
NRO	TALLA cm	PESO gr	NRO	TALLA cm	PESO gr	TCA	GPA	FC PROMEDIO	FC		
1	10,5	13,6	1	16,6	51	0,25	1,46	1,12	1,11		
2	10,2	13,5	2	15,9	45,3				1,13		
3	10,7	13,6	3	15,5	40,9				1,10		
4	10,9	13,5	4	14	32,3				1,18		
5	11,5	15,1	5	14,3	32,7				1,12		
6	10,9	14,1	6	13,5	27,4				1,11		
PROMEDIO	10,8	13,90	PROMEDIO	14,97	38,27						

TCA = TASA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA  
GPA = GANANCIA DE PESO ACUMULADA  
FC = FACTOR DE CONDICION DE FULTON

Matriz de datos productivos juveniles tanque 9

BIOMASA KG:	0,885			BIOMASA KG:	2,51			PECES:	60		
ALIMENTO KG:	0,03			ALIMENTO TOTAL	0,38			DIAS:	15		
BIOMETRIA JUVENILES ENTRADA TANQUE 9				BIOMETRIA JUVENILES SALIDA TANQUE 9				PARAMETROS SALIDA TANQUE 9			
NRO	TALLA cm	PESO gr		NRO	TALLA cm	PESO gr		TCA	GPA	FC PROMEDIO	FC
1	10,5	13,9		1	15,3	37,3		0,23	1,63	1,14	1,04
2	11,1	14,2		2	16,9	56,3					1,17
3	11,3	14,2		3	14,2	37,1					1,30
4	11,9	15		4	17	55					1,12
5	12,5	16,3		5	14,3	33,3					1,14
6	11,8	14,9		6	14,3	32,4					1,11
PROMEDIO	11,5	14,75		PROMEDIO	15,33	41,90					

TCA = TASA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA  
GPA = GANANCIA DE PESO ACUMULADA  
FC = FACTOR DE CONDICION DE FULTON

Matriz de datos productivos juveniles tanque 10

BIOMASA KG:	0,835			BIOMASA KG:	2,62			PECES:	60		
ALIMENTO KG:	0,02			ALIMENTO TOTAL	0,36			DIAS:	15		
BIOMETRIA JUVENILES ENTRADA TANQUE 10				BIOMETRIA JUVENILES SALIDA TANQUE 10				PARAMETROS SALIDA TANQUE 10			
NRO	TALLA cm	PESO gr		NRO	TALLA cm	PESO gr		TCA	GPA	FC PROMEDIO	FC
1	10,5	13,4		1	15,5	43,1		0,20	1,79	1,19	1,16
2	11	14,1		2	16,6	54					1,18
3	11,5	14,2		3	18,5	66					1,04
4	11	14		4	14,3	33					1,13
5	10,8	13,7		5	15	34,3					1,02
6	10,2	14,1		6	12,5	31,6					1,62
PROMEDIO	10,8	13,92		PROMEDIO	15,40	43,67					

TCA = TASA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA  
GPA = GANANCIA DE PESO ACUMULADA  
FC = FACTOR DE CONDICION DE FULTON

Matriz de datos productivos juveniles tanque 11

BIOMASA KG:	0,889			BIOMASA KG:	2,68			PECES:	60		
ALIMENTO KG:	0,03			ALIMENTO TOTAL	0,38			DIAS:	15		
BIOMETRIA JUVENILES ENTRADA TANQUE 11				BIOMETRIA JUVENILES SALIDA TANQUE 11				PARAMETROS SALIDA TANQUE 11			
NRO	TALLA cm	PESO gr		NRO	TALLA cm	PESO gr		TCA	GPA	FC PROMEDIO	FC
1	9,9	12,5		1	16	46,5		0,21	1,80	1,11	1,14
2	11,5	15,2		2	16,5	50,2					1,12
3	11,8	15,6		3	15,8	43,3					1,10
4	11	14,6		4	16,8	52,8					1,11
5	11,7	15,4		5	15,3	39,8					1,11
6	11,6	15,6		6	15	35,8					1,06
PROMEDIO	11,3	14,82		PROMEDIO	15,90	44,73					

TCA = TASA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA  
GPA = GANANCIA DE PESO ACUMULADA  
FC = FACTOR DE CONDICION DE FULTON

Matriz de datos productivos juveniles tanque 12

BIOMASA KG:	0,881			BIOMASA KG:	2,19			PECES:	60		
ALIMENTO KG:	0,03			ALIMENTO TOTAL	0,38			DIAS:	15		
BIOMETRIA JUVENILES ENTRADA TANQUE 12				BIOMETRIA JUVENILES SALIDA TANQUE 12				PARAMETROS SALIDA TANQUE 12			
NRO	TALLA cm	PESO gr		NRO	TALLA cm	PESO gr		TCA	GPA	FC PROMEDIO	FC
1	11	14,4		1	15	42,2		0,29	1,31	1,15	1,25
2	11,5	15,1		2	14,9	37,9					1,15
3	11,9	15,9		3	15,5	44,2					1,19
4	11,1	14,9		4	14,9	37,4					1,13
5	10,5	13,8		5	13,9	29,5					1,10
6	11	14		6	13,7	27,9					1,09
PROMEDIO	11,2	14,68		PROMEDIO	14,65	36,52					

TCA = TASA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA  
GPA = GANANCIA DE PESO ACUMULADA  
FC = FACTOR DE CONDICION DE FULTON