

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ciencias de la Vida**

Diseño de dietas para pollos de engorde, utilizando larvas de mosca soldado negra como alternativa de sustitución de fuentes vegetales de proteína tradicionales.

### **PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero Agrícola y Biológico**

Presentado por:

André Sebastian Mindiola Mendoza

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

## DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado para mis padres Johanna Mendoza y Pedro Mindiola por haberme apoyado desde el inicio y hasta el final en mi carrera universitaria, a mi abuela Betty Almeida por siempre estar pendiente de mí y por inculcarme el valor de siempre estudiar, a mi abuelo Patricio Mendoza (†) por mostrarme el amor hacia el campo, a mi tía Ingrid Mendoza por ser una segunda madre, a mi abuela Margarita Pachay por su cariño, a mis hermanos y demás tíos. Así mismo quiero dedicar este trabajo a mis amigos de la universidad y del colegio los cuales me han ayudado a mantener cuerdo durante tantos años.

.

## **AGRADECIMIENTOS**

Mis más sinceros agradecimientos a mi tutor Eduardo Álava por permitir trabajar en un área que a mí me apasiona además de su guía y consejo, a la profesora Malena Torres por sus correcciones y apoyo, al personal de la GEA, a mis amigos de carrera por tener el tiempo y paciencia para irme ayudar con mi proyecto aun cuando ellos también tenían los suyos.

## DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *André Sebastian Mindiola Mendoza* y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

A handwritten signature in black ink, reading "André Sebastian Mindiola Mendoza". The signature is written in a cursive style with a large, sweeping flourish at the end.

---

André Sebastian  
Mindiola Mendoza

## **EVALUADORES**

**María Isabelita Jiménez Feijoo, PhD. Eduardo Ignacio Álava Hidalgo, PhD.**

PROFESOR DE LA MATERIA

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

La soya es la principal fuente de proteína en la alimentación de pollos de engorde. En el Ecuador la producción de esta materia prima es insuficiente para cubrir la demanda. Buscar la independencia de las fuentes de proteína vegetal es de vital importancia para el sector avícola. La proteína de insectos es una alternativa viable ante el problema presentado. La mosca soldado-negra contiene alrededor del 46.7 de proteína cruda, además de adaptarse al clima tropical de la zona y tener un ciclo de vida corto, motivos por lo cual fue seleccionada. A partir de esto se diseñaron dietas para pollos de engorde con tres niveles de inclusión de larvas de mosca soldado-negra al 10,20 y 30% además de un testigo con 0% de inclusión para las tres etapas de crecimiento de las aves: inicio, desarrollo y finalización. La etapa experimental se desarrolló en la granja experimental agrícola de la ESPOL y tuvo una duración de seis semanas. Las variables seleccionadas fueron: peso vivo (lb), ingesta diaria de alimento y conversión alimenticia. Como resultado, se obtuvo que el tratamiento del 10% y 0% obtuvieron los valores más altos de peso vivo al finalizar las seis semanas. No se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos para ninguna de las variables usadas. El análisis económico determinó que el tratamiento del 0% es que más beneficios netos reporta. El análisis de rentabilidad demostró el cambio del tratamiento del 30% supone una TMR del 112% versus el tratamiento del 10%.

**Palabras Clave:** Proteína, Larvas mosca soldado-negra, Pollos de engorde, Sostenibilidad, Reducción de soya.

## **ABSTRACT**

*Soybean is the main source of protein in broiler chicken nutrition. In Ecuador, the production of this raw material is insufficient to cover the demand. It is of vital importance for the poultry sector to seek independence from vegetable protein sources. Insect protein is a viable alternative to the problem presented. The black soldier fly contains about 46.7% of crude protein, as well as being adapted to the tropical climate of the area and having a short life cycle, which is the reason why it was selected. Based on this, diets were designed for broilers with three levels of inclusion of black soldier fly larvae at 10, 20 and 30%, in addition to a control with 0% inclusion for the three stages of growth of the birds: initiation, development and finishing. The experimental stage was implemented at the agricultural experimental farm of the ESPOL and had a duration of six weeks. The variables selected were live weight (lb.), daily feed intake and feed conversion. As a result, the 10% and 0% treatments obtained the highest live weight values at the end of the six weeks. No significant differences were obtained between treatments for any of the variables used. The economic analysis determined that the 0% treatment had the highest net benefits. The profitability analysis showed that the change in the 30% treatment resulted in a TMR of 112% versus the 10% treatment.*

**Keywords:** *Protein, Black soldier fly larvae, Broiler chickens, Sustainability, Soybean reduction.*

## ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES .....	5
RESUMEN .....	I
<i>ABSTRACT</i> .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS .....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
ÍNDICE DE TABLAS .....	VIII
CAPÍTULO 1 .....	1
1. Introducción .....	1
1.1 Descripción del problema .....	2
1.2 Justificación del problema.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General .....	3
1.3.2 Objetivos Específicos .....	3
1.4 Marco teórico .....	4
1.4.1 Dietas para pollos de engorde .....	4
1.4.2 Etapas de crecimiento.....	4
1.4.3 Proteínas y su papel en el crecimiento de las aves .....	5
1.4.4 Aminoácidos y minerales en la alimentación de pollos de engorde .....	5
1.4.5 Energía metabolizable máxima y mínima para cada etapa de desarrollo.....	6
1.4.6 Larvas de mosca soldado-negra y su perfil nutricional.....	7
CAPÍTULO 2 .....	9
2. Metodología .....	9

2.1	Flujograma de ensayo .....	9
2.2	Localización del ensayo.....	10
2.3	Parámetros para búsqueda literaria.....	10
2.4	Aves y condiciones del experimento.....	11
2.5	Fuentes de larvas de mosca soldado-negra.....	12
2.6	Diseño de dietas experimentales.....	12
2.7	Parámetros de crecimiento de las aves y modelo estadístico .....	13
2.8	Análisis económico .....	14
CAPÍTULO 3.....		16
3.	Resultados Y ANÁLISIS.....	16
3.1	Perfil químico/nutricional de ingredientes .....	16
3.2	Composición de niveles óptimos de nutrientes en dietas para cada etapa de desarrollo.....	17
3.3	Dietas diseñadas .....	18
3.3.1	Dietas con BSFL como suplemento de proteína .....	20
3.4	Evaluación de dietas.....	21
3.4.1	Ingesta diaria de alimentos .....	21
3.4.2	Peso vivo.....	24
3.4.3	Conversión de alimento.....	26
3.5	Análisis económico .....	27
CAPÍTULO 4.....		30
4.	Conclusiones Y Recomendaciones.....	30
4.1	Conclusiones .....	30
4.2	Recomendaciones .....	30
BIBLIOGRAFÍA.....		32
5.	Bibliografía .....	32

APÉNDICE ..... 37

## **ABREVIATURAS**

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
BSFL	Black soldier fly larvae
TMR	Tasa marginal de retorno
GEA	Granja experimental agrícola
AUC	Area under cover
T1	Tratamiento 1 10%
T2	Tratamiento 2 20%
T3	Tratamiento 3 30%
T4	Tratamiento 4 0%
R1	Réplica 1
R2	Réplica 2
R3	Réplica 3

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de vida BSFL. ....	8
Figura 2. Flujograma de ejecución del proyecto. ....	9
Figura 3. Localización del ensayo en campus ESPOL, Guayaquil .....	10
Figura 4. Aplicación del enfoque de presupuestos parciales. ....	15
Figura 5. Ingesta diaria de alimento dieta iniciador y desarrollo. ....	22
Figura 6. Diagrama de cajas, ingesta diaria etapa inicio y desarrollo. ....	23
Figura 7. Diagrama de cajas peso vivo en dietas de inicio y desarrollo.....	25
Figura 8. Peso vivo (lb) por tratamiento en etapa de Finalización. ....	26
Figura 9. Diagrama de cajas, radio de conversión de alimentos en dietas de inicio y desarrollo. ....	27
Figura 10. Diseño de 12 bloques para el desarrollo del experimento en la GEA. ....	37
Figura 11. Aves de engorde con día de nacidos.....	38
Figura 12. Aves a la semana 6 de desarrollo con pesos de 7 libras. ....	39

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Composición química balanceado comercial (ALIBAEC).....	13
Tabla 3.1 Valores de nutrientes y EM usados en la formulación de dietas.....	16
Tabla 3.2 Valores nutricionales recomendados por la literatura y usados para el diseño de las dietas. ....	17
Tabla 3.3 Dieta de inicio, 10 días.....	18
Tabla 3.4 Dieta etapa de desarrollo, con duración de dos semanas. ....	19
Tabla 3.5 Resumen dieta etapa de finalización .....	20
Tabla 3.6 Composición química de la dieta en la etapa de finalización con balanceado comercial.....	21
Tabla 3.7 Datos análisis ingesta diaria de dieta inicio y desarrollo .....	23
Tabla 3.8 Datos análisis peso vivo de dietas de inicio y desarrollo.....	24
Tabla 3.9 Análisis del presupuesto parcial.....	28
Tabla 3.10 Análisis de dominancia de dietas.....	28
Tabla 3.11 Análisis marginal tratamientos no dominados.....	29

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

Las fuentes de proteína vegetales son las más usadas a nivel mundial para la alimentación animal y en especial en producción de pollos de engorde, solo en Estados Unidos del 100% de la harina de soya que se comercializa, más del 50% es destinada a la producción avícola, un 26% en producción de cerdos y el restante en alimentación perros, gatos, y otros animales. (Stein et al., 2008). A causa de su buen perfil de aminoácidos, la harina de soya es catalogada como ingrediente de alta calidad en la composición de dietas nutritivas, es comúnmente utilizado para el balance de nutrientes junto con otros cereales (Park et al., 2002).

En Ecuador para el año 2021 las importaciones de torta de soya registraron un incremento de un 53% con respecto al anterior año, así también detalla que la harina de este cultivo representa el 4% de las importaciones no petroleras del país y alrededor de 26% en las importaciones de productos agropecuarios. La superficie sembrada en el país no da abasto a la demanda nacional del producto, llegando solo a cubrir alrededor del 5,75 % de la superficie necesaria, además existe el problema de la calidad del material vegetativo usado que en su mayoría es proveniente de semillas recicladas de la cosecha anterior. (Sánchez et al., 2019). La falta de capacidad del país para poder suplir la demanda de proteína para el sector de piensos y nutrición animal genera la búsqueda de alternativas que mantengan buenos niveles de producción.

En años recientes, la búsqueda por parte de los productores de alternativas al uso de la harina de soya principalmente a causa del alza de los precios ha permitido la llegada de diversas opciones, entre las más usadas: harina de carne y sangre, harina de maní, semilla de algodón, y harina de pluma. (Dale N. M., 2004). La larva de mosca soldado-negra es un relativamente nuevo ingrediente en las dietas para animales monogástricos incluyendo aves, cerdos, peces y perros, sobre todo por la capacidad de reducir la cantidad de desechos encontrados en vertederos ( De Souza Vilela et al., 2021). Además, es necesario que estas alternativas tengan también miras a la economía circular, el cual es descrito como un sistema que tiene

como objetivo la disminución de desechos basándose en la reutilización continua de los medios, estos procesos se basan principalmente en 4 pilares: reciclaje, reutilización, re-fabricación y reacondicionamiento (Stockholm Environment Institute, 2019).

## **1.1 Descripción del problema**

Existe una alta demanda de proteína en el sector de producción avícola, la gran mayoría de la alimentación basa su fuente de proteína en harina de soya, esto representa un problema con miras a los problemas de actualidad como lo son: el aumento poblacional, la concentración del uso de superficie para la explotación de cultivos, alza en los precios, importaciones, etc. El uso de alternativas sostenibles y sustentables como lo son proteína de origen animal y en especial de insectos se presentan como una opción que puede beneficiar a distintos componentes del sector por ende el objetivo de encontrar dietas que incorporen esta opción y que garanticen el mejor desarrollo del animal para no afectar la calidad y productividad del ave (Stein et al., 2008).

## **1.2 Justificación del problema**

El uso de la soya como fuente principal de proteína en dietas de pollos de engorde representa junto con el maíz la mayor parte del costo de la alimentación para el sector productivo (Chatterjee & Rajkumar, 2015). En el Ecuador, alrededor de 500.000 Toneladas métricas de pasta de soya son requeridas, a pesar de que este número sigue en crecimiento la oferta del sector no logra cubrir con esto llegando a suplir alrededor del 10% del total necesitado (Magaly & Intriago , 2015). La asociación de productores de alimentos balanceados de Ecuador APROBAL mencionan que para el año 2021 se importaron 1´ 489.000 Toneladas métricas de harina de soya, así como resaltan el hecho de que el país solo cuenta con una planta extractora de aceite de soya que es el proceso que permite extraer la torta usada en la alimentación pecuaria (APROBAL, 2021). Situación similar es reportada por la asociación ecuatoriana de alimentos balanceados (AFABA) la cual en su

reporte del mes de diciembre del 2021 resaltan como en el Ecuador al sector de alimentos balanceados le cuesta alrededor de 800 \$ producir una tonelada métrica de harina soya cifra exorbitante a comparación del precio por la harina importada que ronda los 400 \$ tonelada métrica (AFABA, 2021).

Recientemente, el ministerio de agricultura y ganadería del Ecuador anunció el acuerdo entre los productores e industriales de la semilla oleaginosa para fijar en \$30 el precio mínimo de sustentación del quintal con 12% de humedad y 1% de impurezas y estará en vigencia entre los años 2022 al 2023 (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2022). A causa de lo mencionado, es necesario la búsqueda de alternativas que ayudan a suplir el uso de la harina de soya en la alimentación de animales de producción, que garanticen un correcto desarrollo fisiológico, supliendo las necesidades nutritivas demandas por el animal y que además garantice ser sostenible con el medio ambiente, ante esto el presente proyecto propone el diseño de dietas con uso de larvas de mosca soldado negra como opción proteica para reducir el uso de torta de soya en el sector avícola, cumpliendo con perfiles nutricionales adecuados para cada etapa de crecimiento, y asegurando la sostenibilidad del sector.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

- Desarrollar dietas alimenticias utilizando larvas de mosca soldado-negra como fuente de proteína alternativa para la producción de pollos de engorde.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Revisar literatura sobre los niveles óptimos de nutrientes para cada etapa de crecimiento.
- Formular dietas alimenticias con distintos porcentajes de adición de larvas de mosca soldado-negra.

- Evaluar las dietas en pollos de engorde para encontrar la que proporcione mayor crecimiento

## **1.4 Marco teórico**

### **1.4.1 Dietas para pollos de engorde**

Las dietas de pollos de engorde están basadas en una variada cantidad de ingredientes como pueden ser: granos de cereales, harinas vegetales, harinas animales, aceites, mixes de vitaminas, etc. que tiene como objetivo suplir o cubrir la demanda de proteína, carbohidratos, grasas, vitaminas, aminoácidos, energía y minerales (NRC, 1994). Las dietas se conforman de diversos ingredientes que en conjunto ayudan a suplir todas las necesidades y requerimientos del animal. Entre los ingredientes más usados están los cereales como fuente de energía como pueden ser: maíz, sorgo, cebada, o trigo, para suplir las necesidades de proteína lo más común es el uso de: canola, harina de peces, huesos, o sangre, y soya (Jacob, Small and backyard poultry, n.d.).

### **1.4.2 Etapas de crecimiento**

Para la industria de alimentación de pollos de engorde lo común es separar las dietas por tres etapas de crecimiento; iniciador que comprende entre las primeras 0 a 3 semanas, crecimiento que van desde la semana 3 a la 6 seguido por finalizador que va entre las 6 y 8 semanas de edad (Loupe & Emmert , 2000). La etapa inicial es cuando se da el consumo más bajo de alimento, pero el más alto de requerimientos nutricionales, ya que, el peso final se correlaciona de manera directamente positiva con la ganancia de peso durante los primeros 7 días. Es común en Latinoamérica que esta etapa dure hasta los 10 días o se extienda máximo hasta 14 días. La etapa de desarrollo o crecimiento que tiene una duración de 14 a 16 días en esta etapa el alimento tiene un cambio de textura de migajas a mini pellets (Arbor Acres, 2018).

Durante la etapa de finalizador que comprende posterior a los 25 o hasta 42 días (Arbor Acres, 2018), es común que los avicultores proporcionen piensos con un menor nivel de proteína cruda y con un aumento en la energía lo cual ayuda a reducir los costos asegurando un buen desarrollo y peso para el momento de cosecha (El-Deek et al., 2020).

### **1.4.3 Proteínas y su papel en el crecimiento de las aves**

La proteína es un factor que en la alimentación de pollos va atado a los aminoácidos, ya que estos son obtenidos de las proteínas, la principal importancia de estos dos valores es que participan en la formación y desarrollo de los tejidos, sistema óseo, así como con la piel, las plumas y los ligamientos del ave (NRC, 1994). La proteína cumple un rol fundamental en la alimentación de pollos de engorde y nutrientes como la soya y la harina de plumas, a más de suplir este ítem también ayuda para cubrir deficiencia de aminoácidos procedentes de proteína vegetal (Agazzi et al., 2016).

### **1.4.4 Aminoácidos y minerales en la alimentación de pollos de engorde**

Los aminoácidos son los constituyentes básicos de las proteínas, son 22 moléculas que son en diversas cantidades fisiológicamente necesarias para un adecuado desarrollo del ave, estos están divididos en dos grupos los “esenciales” llamados así por lo que no pueden ser sintetizados dentro del organismo, y los “no esenciales” que pueden ser sintetizados a partir de otros aminoácidos (NRC, 1994). Existen 10 aminoácidos esenciales que son necesarios para el adecuado desarrollo y crecimiento, sin embargo, dos de estos: la lisina y metionina, son limitantes para el desarrollo del ave, seguida por la treonina en tercer lugar (Alagawany et al., 2021). La metionina juega un rol fundamental en el desarrollo de las plumas, crecimiento y síntesis de proteínas, además de ser intermediario en rutas metabólicas de otros aminoácidos como cistina o carnitina es así como bajos niveles de metionina provocan reducción en el crecimiento induce desórdenes metabólicos y provoca una reducción en la capacidad defensiva contra enfermedades (Bunchasak, 2009). La lisina adopta

un papel principal en la síntesis de proteínas, así como en el mantenimiento y crecimiento celular (Alagawany et al., 2021). Carencia de este aminoácido acarrea problemas en el desarrollo de los tejidos musculares especialmente el de la zona del pecho del ave (Tesseraud et al., 1996).

Por otro lado, los minerales cumplen su principal función en el proceso de formación de huesos de ave, aunque esto no es lo único en lo que participan ya que también se ven involucrados en los procesos de formación de células en la sangre, activación enzimática, energía y funciones musculares (Jacob, Small and backyard poultry, n.d.). El calcio y el fósforo son dos de los principales minerales para el correcto crecimiento y desarrollo, el esqueleto posee porcentajes de alrededor del 99% de Ca y un 80% de P, existe una relación entre estos dos minerales, el exceso de calcio afecta negativamente la absorción de fósforo lo que conduce a un poco de digestibilidad de la proteína, grasa y energía terminan en un bajo rendimiento y bajos niveles de producción de aves. (Kleyn & Ciacciariello, 2021).

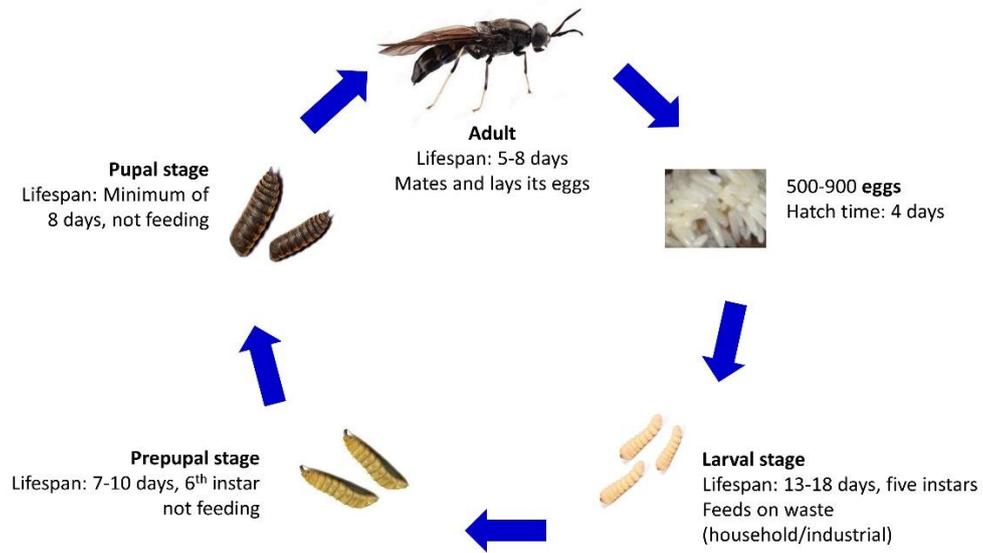
#### **1.4.5 Energía metabolizable máxima y mínima para cada etapa de desarrollo.**

El calor de combustión es la expresión más básica de energía y que es intrínseco a cada ingrediente, a partir de esta surge la energía de dieta que es el producto de restarle al contenido de combustión las pérdidas después de los procesos de digestión y absorción, por último, tenemos a la energía metabolizable obtenida de restarle al contenido de energía de dieta las pérdidas que se dan en gases y orina de los animales (Noblet et al., 2022). La energía como tal no es un nutriente sino más bien una cualidad de estos, los cuales producen energía al oxidarse durante el metabolismo (NRC, 1994). La formulación de dietas basadas en la energía neta puede mejorar la eficiencia y rentabilidad, ya que de esta forma se está tomando en cuenta las pérdidas por calor durante la asimilación de los nutrientes, y así tener más precisión para cubrir las demandas del ave y evitar sobre o subestimar la cantidad o calidad de los ingredientes (Wu et al., 2019).

#### **1.4.6 Larvas de mosca soldado-negra y su perfil nutricional**

La mosca soldado-negra perteneciente a la familia *Stratiomyidae* es un tipo de díptera originaria de climas tropicales y de zonas de temperaturas altas en todo el continente americano, esta especie tiene un alto potencial como uso en alimentación de animales con un énfasis especial en la producción avícola (Nayohan et al., 2022). El crecimiento y desarrollo de estas moscas se compone por cinco estados: huevo, larva, pre-pupa, pupa y fase adulta en un ciclo que puede comprender entre los 32 y 40 días (Maglangit et al., 2022).

La incorporación de harina de mosca soldado-negra en porcentajes de hasta un 10% de inclusión en dietas de pollos de engorde, mejora la ingesta diaria de alimento, así como la ganancia media diaria durante la primera fase de desarrollo del ave. (Dabbou et al., 2018). El perfil nutricional de BSFL dependerá de la alimentación que esta tenga, de la zona de origen y demás factores, sin embargo, el promedio fija los valores de contenido de proteína alrededor del 40% y de grasa en 30% con base a la materia seca (Barragan-Fonseca et al., 2017). Con respecto a otros valores la mosca soldado-negra posee un nivel de proteína cruda en 42,1%, 7% en fibra cruda, 26% en extracto de éter, todo con base en materia seca, así también valores de minerales en gramos por kilogramo de materia seca como: Ca en 75.6, P 9.0, K con 6.90, Na en 1.30, Mg 3.90, Fe 1.37. (Makkar et al., 2014). Con valores en promedio de 44.6 g/kg, la leucina es el aminoácido no esencial más abundante en las larvas de mosca soldado negro sin desgrasar, seguido por la lisina con 38.8 g/kg y valina con un promedio de 40.1 g/kg todos con base a materia seca siendo estos tres valores más altos que los que se pueden encontrar en la proteína de origen vegetal comúnmente usada en la alimentación de pollos como es la soya, por otro lado, la metionina y el triptófano son los aminoácidos con menores valores (Lu et al., 2022).



**Figura 1. Ciclo de vida BSFL.**

**Fuente: (Maglangit et al., 2022).**

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Flujograma de ensayo

El presente ensayo se basa en primera instancia de la búsqueda literaria de los niveles de nutrientes requeridos en dietas, así como el valor de nutritivo de cada ingrediente, después de esto se usará el software Win Feed 2.8 para la formulación. Si se cumplen con los niveles requeridos se pasa a la preparación de las dietas, la alimentación de las aves y la toma de datos para evaluar la mejor opción, si por el contrario no se cumplen los niveles suficientes se realiza una nueva revisión de los valores, así como alternativas de suplementación por otras vías para volver de nuevo a la preparación y alimentación.

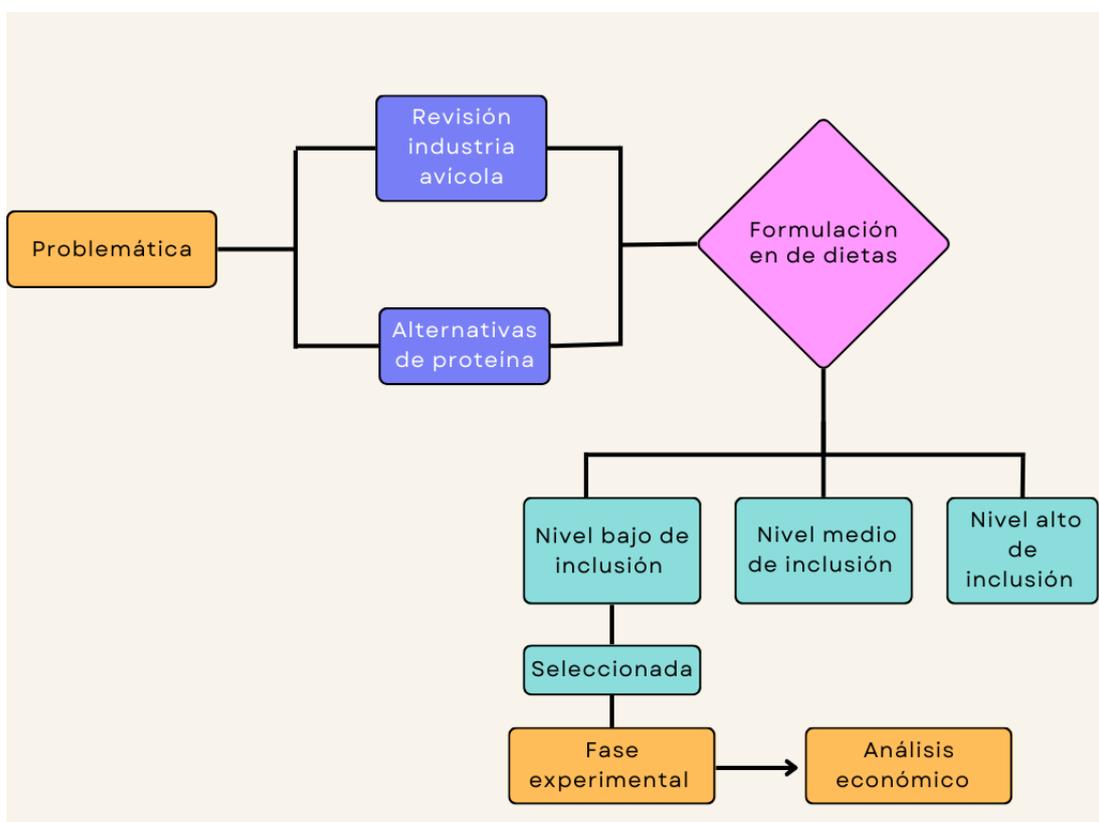


Figura 2. Flujograma de ejecución del proyecto.

Fuente: Autor.

## 2.2 Localización del ensayo.

El experimento se desarrolló en la granja experimental agrícola de la Escuela Superior politécnica del litoral, específicamente es las siguientes coordenadas: Latitud 2° 8'26.05" S, Longitud 79°57'45.76" O. Las temperaturas entre los meses de noviembre y diciembre en esta locación oscilan entre los 22° y 31°, siendo el pico más alto las tardes, y las noches las bajadas de temperatura. (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2022).



Figura 3. Localización del ensayo en campus ESPOL, Guayaquil

Fuente: Autor.

## 2.3 Parámetros para búsqueda literaria.

La revisión de información de este documento se basó en artículos, revisiones, libros, reportes, reportes técnicos, páginas de investigación o documentos de conferencias relacionados con los distintos dominios de este proyecto, usando como palabras claves: “BSFL”, “Poultry Production”, “Soybean Meal”, “Broiler Nutrition”, etc. Todas las fuentes consultadas son de idioma inglés, y las

principales bases de datos usadas fueron: Science Direct, Scopus, Springer Link y Google Scholar. El rango de antigüedad de los documentos usado para la revisión fue entre 2017 hasta la actualidad para asegurar tener la más novedosa información. Las tablas y valores nutricionales encontrados para los distintos ingredientes fueron usados como herramientas para ajustar las dietas y hacer una comparación de distintos valores. (Singh & Kumari, 2019). Para la revisión bibliográfica de los datos de maíz se usaron fuentes nacionales gubernamentales para ajustar los valores al panorama actual.

#### **2.4 Aves y condiciones del experimento**

Un total de 150 aves (mezclado machos y hembras) con un día de nacidos y un peso promedio entre 38 y 42 gramos, de línea genética Cobb500, proveniente de la empresa ecuatoriana “Genética Nacional S.A.” fueron criados en el galpón preparado y acondicionado para su desarrollo en la granja experimental agrícola de la ESPOL con un total de 19.68 metros cuadrados. Durante los primeros diez días la alimentación fue la misma para todos los pollos para asegurar de que lleguen a la etapa de desarrollo bajo las mismas condiciones, y la calefacción adecuada se proporcionó usando bombillas. A partir de los 10 días fueron separados en 4 tratamientos (3 repeticiones por cada uno) correspondiente a 3 diferentes niveles de sustitución de harina de soya por larvas de mosca soldado-negro, más el grupo control: T1 (10% MSN), T2 (20% MSN), T3 (30% MSN), T4 (0% MSNN). Se les dio la dieta control por 10 días, 2 semanas con dieta de desarrollo, y 2 semanas de dieta de finalización para un total de 6 semanas. Durante el experimento, las aves fueron vacunadas contra la enfermedad de Newcastle a los 7 días, y contra Gumboro a los 21 días. Se mantuvo acceso libre a fuentes de agua limpia, así como un área apropiada para el desarrollo (0.07 metros cuadrados por ave), cubierta con tamo de arroz, el cual fue cambiando conforme se fue ensuciando.

## **2.5 Fuentes de larvas de mosca soldado-negra**

Las larvas fueron proporcionadas por el laboratorio de entomología de la escuela superior politécnica del litoral (ESPOL), criadas bajo condiciones y parámetros de calidad, luego fueron pesadas en función de los distintos tratamientos y almacenados en congeladoras a temperaturas de -18° para preservar la calidad de estas durante el ensayo.

## **2.6 Diseño de dietas experimentales**

Para el cálculo de la cantidad referencial necesitada para cada etapa y así calcular el consumo total requerido para el total de 150 aves se usó la tabla de pesos y requerimientos necesarios para pollos de engorde de la Universidad de Kentucky ( Jacob & Pescatore, University Of Kentucky College of Agriculture, Food and Environment, 2012).

La larva de mosca soldado-negra fue usada como fuente alternativa de proteína en este estudio, y fue reemplazando parcialmente el uso de la harina de soya. Las dietas fueron formuladas acorde a los requerimientos nutricionales presentados por dos fuentes: (Jurgens & Bregendahl , 2007) y (COBB-VANTRESS, 2018 ), se formularon tres dietas para cada una de las tres etapas (iniciador, crecimiento y finalizador), procurando suplir las necesidades de energía metabolizable (ME) y el porcentaje de proteína. Para la formulación se usó el software Win Feed 2.8 de la universidad de Cambridge en su versión básica.

Para la formulación en el software se realizó una búsqueda literaria acerca de los porcentajes que debería tener cada ingrediente usado en los siguientes campos: materia seca, proteína, energía metabolizable, minerales y aminoácidos. Los minerales que se tomaron en cuenta fueron: calcio, fósforo, potasio y potasio, mientras, los aminoácidos fueron: arginina, lisina, glicina, isoleucina, leucina, fenilalanina, histidina, valina, metionina. Para la etapa final se realizó un ensayo con balanceado comercial en el que se le aplicó porcentajes

de sustitución de BSFL del 10, 20 y 30%, se tomó en consideración la composición química proporcionada por el proveedor (ALIBAEC) del alimento. Véase Tabla 2.1.

**Tabla 2.1 Composición química balanceado comercial (ALIBAEC)**

<i>Composición</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
<b>Proteína</b>	19
<b>Grasa</b>	4
<b>Fibra</b>	4
<b>Humedad</b>	13

## **2.7 Parámetros de crecimiento de las aves y modelo estadístico**

Entre los parámetros que se midieron en este estudio está el peso vivo el cual se seleccionaron al azar a tres aves de cada grupo (del total de 12) semanalmente. El consumo de alimento se determinó sustrayendo los sobrantes de la comida deja el día anterior por cada grupo y pesándola todos los días a la misma hora. La ganancia de peso diaria fue medida usando el peso vivo total de cada grupo y dividido por el total de días. El radio de conversión de alimento se calculó a lo largo del ensayo dividiendo el consumo de alimento por la ganancia de peso diaria (Mat et al., 2022). El modelo matemático del análisis de los datos será el siguiente:

$$\rho = \mu + D + R + \epsilon$$

### **Ecuación 1. Modelo estadístico para las variables medidas.**

Donde:

$\rho$ : *Dato a medir*

$\mu$ : *Crecimiento normal del ave*

$D$ : *Respuesta a las dietas*

$R$ : *Respuesta por las evaluaciones*

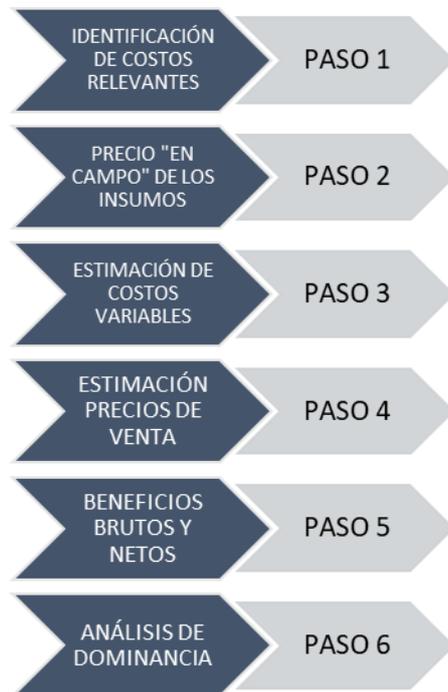
$\epsilon$ : *Error acumulado*

Para el análisis de los datos de uso el software R, la metodología para la evaluación del consumo diario de las dietas se basó en dos partes, la primera para cada réplica de cada tratamiento se calculó el denominado AUC (area under cover). Tomando en el eje de las ordenadas los datos del consumo diario de la dieta y en las abscisas las evaluaciones que para este ensayo corresponden con las fechas.

Posterior a estos cálculos se aplicó un análisis de varianzas ANOVA de un solo factor basando la hipótesis nula y alternas en cada medida recolectada, el software seleccionado para este análisis es Rstudio.

## **2.8 Análisis económico**

Para analizar el valor económico del proyecto se usará los presupuestos parciales, estos se enfocan en los costos asociados con la toma de cada tratamiento. Es decir que valores implican usar el tratamiento seleccionado, el resto de los costos que no se ven influenciados por la decisión de tomar o no una de las de alternativas permanecen constantes y por ende son tomados como costos fijos. También se realizó el análisis de dominancia el cual sirve para escoger entre los tratamientos la mejor recomendación para el beneficiario, los tratamientos denominados como “dominados” son aquellos en los que a pesar de que haya un incremento en los costos su uso no se reflejará como un incremento en los beneficios netos y se lo denomina así porque existe un tratamiento entre los otros restantes que tiene mayores ganancias con un menor o igual costo (Reyes Hernández , 2002). La figura 4 describe el procedimiento usado para el análisis económico del proyecto.



**Figura 4. Aplicación del enfoque de presupuestos parciales.**

**Fuente: (Reyes Hernández, 2002)**

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 3.1 Perfil químico/nutricional de ingredientes

Para la energía metabolizable la harina de soya se le asignó un valor de 2382 Kcal / kg basado en los valores de proteína cruda de 66% (University of Georgia, n.d.). Para la harina de plumas el valor fue de 3092 Kcal/kg (Dale N. , 1992 ). En maíz se usó 3225 Kcal/kg (Barzegar et al., 2019). Y para la larva de mosca soldado-negra se fijó en 4079 Kcal/kg (Schivavone et al., 2017 ). Para la harina de plumas y de soya en los demás valores de nutrientes se tomaron de (INRAE-CIRAD-AFZ, 2021), para los valores de mosca soldado-negra de tomo de referencia el perfil de aminoácidos y de nutrientes de (Lu et al., 2022), en el maíz debido a las condiciones del cultivo en Ecuador se buscaron los valores referenciales más bajos de la zona los cuales se tomaron de (Alcívar & Yagual , 2019 ). Véase Tabla 3.1.

**Tabla 3.1 Valores de nutrientes y EM usados en la formulación de dietas.**

**Fuente: Autor.**

Valores en (%)	<i>Maíz</i>	<i>Harina de Soya</i>	<i>Harina de plumas</i>	<i>Larva Mosca soldado-negra</i>
<b>Materia seca</b>	86.30	88.00	92.00	91.70
<b>proteína</b>	7.60	46.20	78.9	34.97
<b>Arginina</b>	0.37	0.33	5.36	-
<b>Calcio</b>	0.04	0.34	1.17	4.39
<b>Fosforo</b>	0.25	0.62	0.77	0.83
<b>Sodio</b>	-	0.01	0.12	-
<b>Lisina</b>	0.23	2.88	1.80	2.10
<b>Glicina</b>	0.29	1.94	5.83	-
<b>Isoleucina</b>	0.28	2.11	3.86	-
<b>Leucina</b>	0.93	3.53	6.37	-
<b>Fenilalanina</b>	0.37	2.34	3.78	-
<b>Histidina</b>	0.22	1.24	0.73	-

<b>Valina</b>	0.38	2.23	5.82	-
<b>Potasio</b>	0.31	2.09	0.12	-
<b>Metionina</b>	-	0.66	0.55	0.50
<b>ME (Kcal/Kg)</b>	3225	2382	3092	4079

### 3.2 Composición de niveles óptimos de nutrientes en dietas para cada etapa de desarrollo.

Los valores de la Tabla 3.2 se insertaron en el software WinFeed 2.8 y se fijó para que los niveles de Energía metabolizable y proteína en cada una de las 4 etapas se mantuviera en su rango, la Tabla 3 muestra los valores en todos los nutrientes recomendados por (Jurgens & Bregendahl , 2007), (COBB-VANTRESS, 2018 ).

**Tabla 3.2 Valores nutricionales recomendados por la literatura y usados para el diseño de las dietas. Fuente: Autor.**

	<i>Iniciador</i>	<i>Desarrollo</i>	<i>Final</i>
<b>Proteína</b>	23.00	20.00	19.00
<b>Arginina</b>	1.44	1.20	1.00
<b>Calcio</b>	1.00	0.90	0.80
<b>Fosforo</b>	0.45	0.40	0.35
<b>Sodio</b>	0.15	0.15	0.15
<b>Lisina</b>	1.20	1.00	0.85
<b>Glicina</b>	1.50	1.00	0.70
<b>Isoleucina</b>	0.80	0.70	0.60
<b>Leucina</b>	1.35	1.18	1.00
<b>Fenilalanina</b>	0.72	0.63	0.54
<b>Histidina</b>	0.35	0.30	0.26
<b>Valina</b>	0.82	0.72	0.62
<b>Potasio</b>	0.40	0.35	0.30
<b>Metionina</b>	0.50	0.38	0.32
<b>ME/ Kg de dieta</b>	3200	3200	3200

### 3.3 Dietas diseñadas

La tabla 3.3 muestra la dieta de iniciador en la que no sé incluyo niveles de mosca soldado-negra, esta dieta tuvo una duración de 10 días y en la que se tuvo que suplementar aminoácidos como la lisina y metionina, además de vitaminas como lo son el calcio y fosforo. Para ambas carencias se usaron suplementos que se añadieron por el agua para completar todos los valores requeridos.

**Tabla 3.3 Dieta de inicio, 10 días.**

**Fuente: Autor.**

<i>Ingredientes (%)</i>	<i>Iniciador</i>
<b>Maíz</b>	70.85
<b>Soya</b>	16.47
<b>Harina de Pluma</b>	12.68
<b>Proteína</b>	23.00
<b>Arginina</b>	0.99
<b>Calcio</b>	0.23
<b>Fosforo</b>	0.38
<b>Sodio</b>	0.02
<b>Lisina</b>	0.87
<b>Glicina</b>	1.26
<b>Isoleucina</b>	1.04
<b>Leucina</b>	2.05
<b>Fenilalanina</b>	1.13
<b>Histidina</b>	0.45
<b>Valina</b>	1.38
<b>Potasio</b>	0.58
<b>Metionina</b>	0.18

Para la etapa de “crecimiento” se desarrollaron 4 dietas, tres con 10,20 y 30% de inclusión de larvas de mosca soldado-negra y una de control con un nivel de 0% de larvas, al igual que con la dieta de inicio se suplemento con mixes y

compuestos solubles los valores de aminoácidos y vitaminas necesarios para su desarrollo, Véase Tabla 3.4.

**Tabla 3.4 Dieta etapa de desarrollo, con duración de dos semanas.**

**Fuente: Autor.**

<i>Ingredientes (%)</i>	<i>Dietas desarrollo</i>			
	<i>10%</i>	<i>20%</i>	<i>30%</i>	<i>0%</i>
<b>Maíz</b>	76.96	76..77	76.58	77.14
<b>BSFL</b>	1.19	2.38	3.57	-
<b>Soya</b>	10.72	9.53	8.34	11.92
<b>Harina de plumas</b>	11.13	11.32	11.51	10.94
<b>proteína</b>	20.00	20.20	20.00	20.00
<b>Arginina</b>	0.92	0.92	0.93	0.91
<b>Calcio</b>	0.25	0.30	0.35	0.20
<b>Fosforo</b>	0.35	0.36	0.36	0.35
<b>Sodio</b>	0.02	0.02	0.02	0.02
<b>Lisina</b>	0.71	0.71	0.70	0.72
<b>Glicina</b>	1.08	1.07	1.06	1.09
<b>Isoleucina</b>	0.87	0.85	0.84	0.89
<b>Leucina</b>	1.80	1.78	1.74	1.84
<b>Fenilalanina</b>	0.96	0.94	0.91	0.98
<b>Histidina</b>	0.38	0.37	0.36	0.40
<b>Valina</b>	1.18	1.16	1.15	1.20
<b>Potasio</b>	0.48	0.45	0.43	0.50
<b>Metionina</b>	0.14	0.14	0.14	0.14

Para la etapa de finalizador que tuvo una duración de 2 semanas, los detalles de los valores de inclusión correspondientes y los valores en porcentaje son detallados en la Tabla 3.5.

**Tabla 3.5 Resumen dieta etapa de finalización.**

**Fuente: Autor.**

<i>Ingredientes (%)</i>	<i>Dietas Finalizador</i>			
	<i>10%</i>	<i>20%</i>	<i>30%</i>	<i>0%</i>
<b>Maíz</b>	82.55	82.5	82.46	82.60
<b>BSFL</b>	0.31	62.00	0.92	-
<b>Soya</b>	2.77	2.46	2.15	3.08
<b>Harina de plumas</b>	14.37	14.41	14.47	14.32
<b>Proteína</b>	19.00	19.00	18.00	19.00
<b>Arginina</b>	1.09	1.09	1.09	1.08
<b>Calcio</b>	0.22	0.24	0.25	0.21
<b>Fosforo</b>	0.34	0.34	0.34	0.34
<b>Sodio</b>	0.02	0.02	0.02	0.02
<b>Lisina</b>	0.54	0.53	0.53	0.54
<b>Glicina</b>	1.13	1.13	1.13	1.14
<b>Isoleucina</b>	0.84	0.84	0.84	0.85
<b>Leucina</b>	1.78	1.77	1.77	1.79
<b>Fenilalanina</b>	0.91	0.91	0.9	0.92
<b>Histidina</b>	0.32	0.32	0.31	0.33
<b>Valina</b>	1.21	1.21	1.20	1.22
<b>Potasio</b>	0.33	0.32	0.32	0.34
<b>Metionina</b>	0.09	0.09	0.10	0.09

### **3.3.1 Dietas con BSFL como suplemento de proteína**

Para la etapa experimental de finalización se usó balanceado comercial al cual se le fue disminuyendo la cantidad con los respectivos tratamientos, Véase Tabla 3.6.

**Tabla 3.6 Composición química de la dieta en la etapa de finalización con balanceado comercial.**

**Fuente: Autor.**

Ingredientes (%)	Dietas Finalizador			
	10%	20%	30%	0%
<b>Balanceado</b>	90.00	80.00	70.00	100
<b>BSFL</b>	10.00	20.00	30.00	-
<b>Proteína</b>	17.63	19.39	20.21	18.00
<b>Arginina</b>	0.89	0.80	0.75	1.00
<b>Calcio</b>	1.19	1.52	1.67	0.80
<b>Fosforo</b>	0.40	0.44	0.46	0.35
<b>Sodio</b>	0.13	0.12	0.12	0.15
<b>Lisina</b>	0.98	1.10	1.15	0.85
<b>Glicina</b>	0.62	0.56	0.53	0.70
<b>Isoleucina</b>	0.53	0.48	0.45	0.60
<b>Leucina</b>	0.89	0.80	0.76	1.00
<b>Fenilalanina</b>	0.48	0.43	0.41	0.54
<b>Histidina</b>	0.23	0.21	0.19	0.26
<b>Valina</b>	0.55	0.49	0.47	0.62
<b>Potasio</b>	0.26	0.24	0.22	0.30
<b>Metionina</b>	0.34	0.35	0.36	0.32
<b>ME/ KG de dieta</b>	3296	3375	3412	3200

### 3.4 Evaluación de dietas

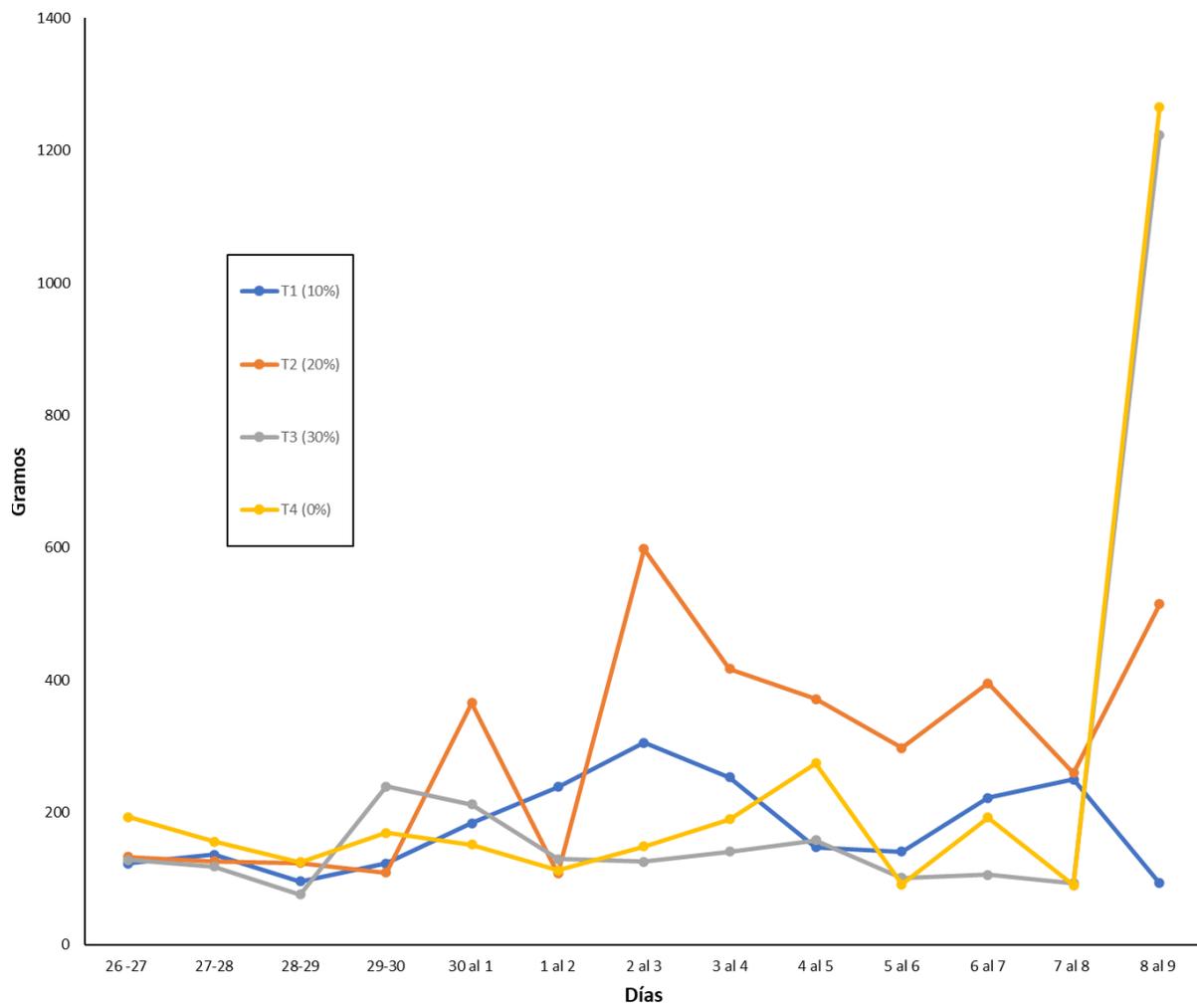
#### 3.4.1 Ingesta diaria de alimentos

Para el análisis en R se plantearon las siguientes hipótesis:

H0: Las medias en la ingesta de las dietas son iguales entre tratamientos.

Ha: Las medias en la ingesta de las dietas son diferentes entre tratamientos.

La figura 5 muestra los datos recolectados de la ingesta diaria de alimentos para las dietas de inicio y desarrollo correspondientemente, de estas mismas gráficas se derivan los valores del AUC de la tabla 6, estos últimos son los que fueron usados para el ANOVA.



**Figura 5. Ingesta diaria de alimento dieta iniciador y desarrollo.**

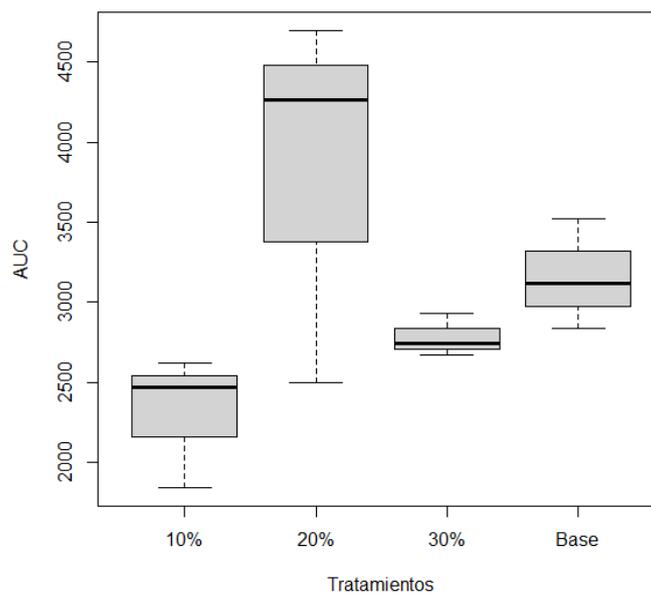
**Fuente: Autor**

**Tabla 3.7 Datos análisis ingesta diaria de dieta inicio y desarrollo.**

**Fuente: Autor.**

Tratamientos	Repeticiones	Ingesta diaria (g)
T1	R1	2621
T1	R2	2471
T1	R3	1847
T	R1	2500
T2	R2	4261
T2	R3	4694
T3	R1	2675
T3	R2	2748
T3	R3	2933
T4	R1	3523
T4	R2	2839
T4	R3	3117

El resultado del análisis de varianza para la medición de ingesta diaria de alimentos fue de “0.0997” por lo que se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la nula.



**Figura 6. Diagrama de cajas, ingesta diaria etapa inicio y desarrollo.**

Sin embargo, en la figura 6 se puede observar que a pesar de que estadísticamente no haya diferencias significativas entre los tratamientos, la dieta con 20% de inclusión de BSFL es la que mayores valores registro entre las etapas de inicio y desarrollo, siendo los valores de este grupo los más altos entre los cuatro.

### 3.4.2 Peso vivo

Para el análisis en R de los pesos vivos se plantearon las siguientes hipótesis:

H0: Las medias en los pesos vivos de las aves son iguales entre tratamientos.

Ha: Las medias en los pesos vivos de las aves son diferentes entre tratamientos.

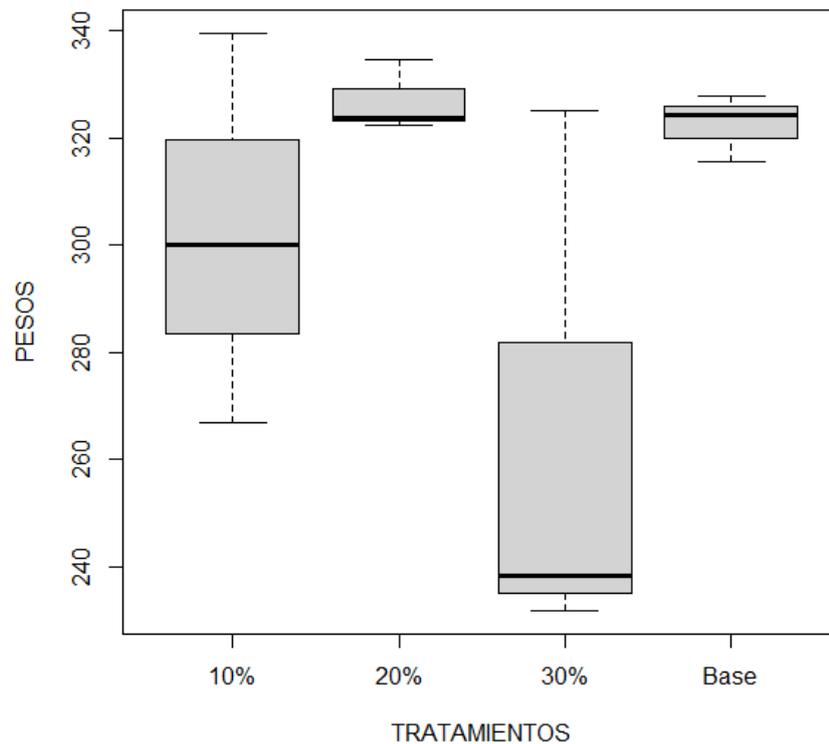
Los datos de peso vivo fueron tomados en tres fechas: 26 y 30 de noviembre, y el 9 de diciembre, es decir a los 10, 14 y 23 días desde el inicio del proyecto, la toma de estos datos fue totalmente al azar para cada grupo y cada repetición. La prueba de análisis de varianzas entre los tratamientos arrojo un valor de “0.152”, por lo que se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la nula con lo que se concluye que no existen diferencias significativas en la ganancia de pesos vivo entre los distintitos tratamientos.

**Tabla 3.8 Datos análisis peso vivo de dietas de inicio y desarrollo**

Fuente: Autor.

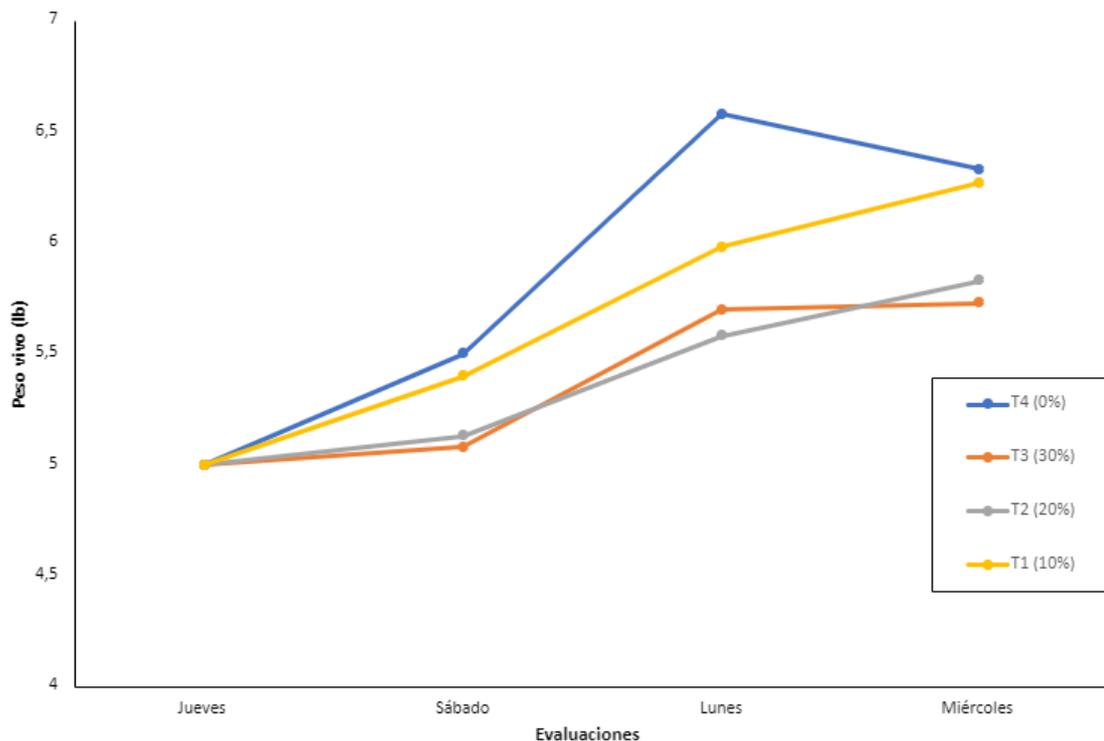
Tratamientos	Repeticiones	Pesos
T1R1	R1	339.50
T1R2	R2	300.00
T1R3	R3	266.83
T2R1	R1	334.67
T2R2	R2	322.41
T2R3	R3	323.83
T3R1	R1	325.09
T3R2	R2	231.83
T3R3	R3	238.33

<b>T4R1</b>	R1	324.25
<b>T4R2</b>	R2	315.50
<b>T4R3</b>	R3	327.75



**Figura 7. Diagrama de cajas peso vivo en dietas de inicio y desarrollo**

La figura 7 muestra la distribución de los valores en los pesos vivos de las aves en los cuatro tratamientos, se puede observar que los tratamientos de 20% de sustitución de soya por BSFL y el tratamiento base son los que registran los valores más altos y los que también una menor diferencia entre sus datos, el tratamiento de 30% de sustitución registro los valores más bajos y con valores más alejados de la media, el tratamiento de 10% tuvo como valores más altos números cercanos a los más bajos en comparación con los tratamientos del 20% y de base.



**Figura 8. Peso vivo (lb) por tratamiento en etapa de Finalización.**  
**Fuente: Autor.**

En la etapa de finalización se obtuvo mejores resultados para el tratamiento base y el tratamiento 1 del 10% de sustitución, los tratamientos del 30% y del 20% son los que registraron menores valores de peso vivo y tiene promedios similares para estos dos tratamientos, Véase la figura 8. Al analizar los resultados en el software estadístico se obtuvo un valor de prueba de “0.575” lo que implica que no hay diferencias significativas entre los tratamientos.

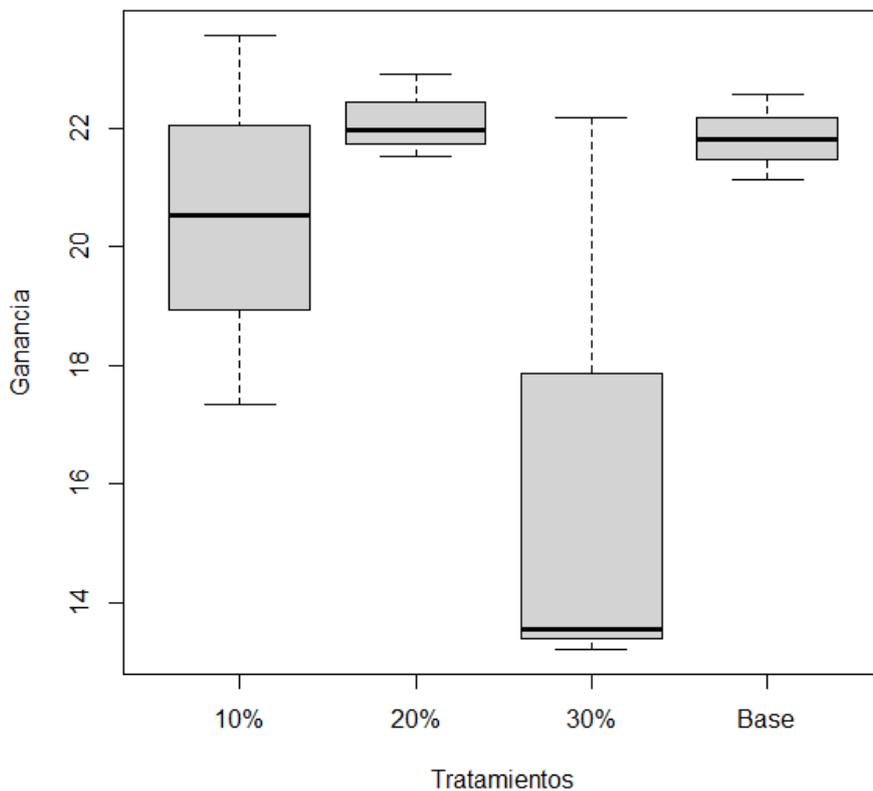
### 3.4.3 Conversión de alimento

Para el análisis en R de la ratio de conversión de alimento se plantearon las siguientes hipótesis:

H0: Las medias de los ratios de conversión de alimentos son iguales entre tratamientos.

Ha: Las medidas de los ratios de conversión de alimentos son diferentes entre tratamientos.

Los datos para este análisis son correspondientes con los de la ganancia de peso vivo ya que el valor del radio de conversión se deriva de esta medida. La prueba de análisis de varianza arrojó un valor de “0.147”, por lo que se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la nula, por lo que se concluye que no existen diferencias significativas entre los radios de conversión de alimentos por tratamientos.



**Figura 9. Diagrama de cajas, radio de conversión de alimentos en dietas de inicio y desarrollo.**

### 3.5 Análisis económico

La tabla 3.9 indica los valores del análisis de presupuesto parcial aplicado, el tratamiento con mayor cantidad de costos variables es el de adición de 0% y

también es el que mayor beneficio neto tiene, el tratamiento del 30% es el que presenta el menor valor de costos variables mientras que el tratamiento del 20% es el que refleja los beneficios netos más bajos.

**Tabla 3.9 Análisis del presupuesto parcial**

Parámetros	Dietas experimentales			
	0%	10%	20%	30%
<b>Rendimiento</b>				
1. Precio promedio pollos, lb	198	180	168	171
2. Precio/lb/\$	1.25	1.25	1.25	1.25
3. Beneficio bruto, \$ (1x2)	247.5	225	210	213.75
<b>Costos Variables</b>				
4. Costo total alimento, \$	102	96.7	91.4	86.1
5. Medicinas y suplementos, \$	10	10	10	10
6. Total costos variables, \$ (4+5)	112	106.7	101.4	96.1
7. Beneficio neto, \$ (3-6)	135.5	118.3	108.6	117.65

Se registro dominancia del tratamiento 30% vs 20%, no así, no se registró dominancia entre los tratamientos 20% vs 10%, ni 10% vs 0%. El análisis refleja que tanto el tratamiento 10% y 0% son opciones para recomendar al agricultor, el tratamiento 0% presenta los mayores beneficios netos, mientras el tratamiento 20% los menos costos variables. Véase Tabla 3.10.

**Tabla 3.10 Análisis de dominancia de dietas.**

Tratamientos (%)	Costos variables (\$)	Beneficio neto (\$)	Dominancia
30	96.10	117.65	No dominado
20	101.40	108.60	Dominado
10	106.70	118.30	No dominado
0	112.00	135.50	No dominado

Para analizar la rentabilidad de las dietas se calculó la tasa marginal de retorno, en el presente ensayo se encontró que el cambio del tratamiento de 30% al de 10% implica una tasa de retorno del 112%. Véase Tabla 3.11.

**Tabla 3.11 Análisis marginal tratamientos no dominados**

<b>Tratamientos (%)</b>	<b>Costos variables (\$)</b>	<b>Costos marginales</b>	<b>Beneficio neto (\$)</b>	<b>Beneficio neto marginal</b>	<b>TMR</b>
30%	96.10	15.90	117.65	17.85	112.26
10%	112.00		135.5		

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- La larva de mosca soldado negro, como sustituto de fuentes vegetales tradicionales de proteína es una alternativa viable económica, ecológica y biológica.
- Los ensayos con una incorporación del 20% y 0% de mosca soldado-negra demostraron ser los más eficaces en cuanto al peso vivo. Para la variable de ingesta diaria de alimento, el tratamiento con una incorporación del 20% obtuvo los mejores resultados, mientras que los tratamientos con una incorporación del 30% y 0% presentaron valores similares como segunda opción más eficaz, y el tratamiento con una incorporación del 10% fue el que tuvo un desempeño menor.
- De acuerdo con el análisis económico, el tratamiento de 0% obtuvo el mejor beneficio neto con un valor de \$135.5, los tratamientos del 10% y 30% obtuvieron valores similares con \$118 y \$117 respectivamente. Con el análisis marginal se obtuvo que el cambio del tratamiento del 30% al 10% representan una tasa marginal de retorno del 112.26%.

### 4.2 Recomendaciones

- Acondicionar el galpón para que tenga una correcta regulación de temperatura y de ventilación.
- Investigar con tratamientos que impliquen una incorporación de más del 30% de larvas de mosca soldado-negra.
- Análisis de diferentes líneas genéticas de pollos de engorde, con un enfoque en aquellas que sean ampliamente utilizadas y tengan más rusticidad, como por ejemplo la línea Pío Pío.

- Evaluar factores como el sabor, y calidad de carne de pollos alimentados con distintos niveles de inclusión de lavaras de mosca soldado – negra en dietas de engorde.

# BIBLIOGRAFÍA

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- De Souza Vilela, J., Andronicos, N. M., Kolakshyapati, M., Hilliar, M., Sibanda, T. Z., Andrew, N. R., . . . Ruhnke, I. (2021). Black Soldier Fly larvae in broiler diets improve broiler performance and modulate the. *Animal Nutrition*, 695-706.
- Jacob, J., & Pescatore, T. (2012, Diciembre). *University Of Kentucky College of Agriculture, Food and Environment*. How Much Will My Chickens Eat?: <http://www.ca.uky.edu>
- Kleyn , R. J., & Ciacciarriello , M. (2021). Mineral nutrition in broilers: Where are we at? *Proceedings of the Arkansas Nutrition Conference: Vol. 2021(1)*.
- AFABA. (2021, Diciembre). AFABA. Boletines Informativos: <https://www.afaba.org/>
- Agazzi, A., Invernizzi, G., & Savoini , G. (2016). New perspectives for a sustainable nutrition of poultry and pigs. *Dairy, Veterinary & Animal Research*, 3(3), 97-99. <https://doi.org/10.15406/jdvar.2016.03.00079>
- Alagawany, M., Elnesr, S. S., Farag, M. R., Tiwari, R., Yattoo, M. I., Karthik, K., . . . Dhama, K. (2021). Nutritional significance of amino acids, vitamins and minerals as nutraceuticals in poultry production and health – a comprehensive review. *Veterinary Quarterly*, 41(1), 1-29. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/01652176.2020.1857887>
- Alcívar , A. G., & Yagual , D. Y. (2019 ). Aprovechamiento de gandul seco en una formulación base de balanceado. Guayaquil , Ecuador .
- APROBAL. (2021). APROBAL. La harina de soya, elemento importante en la industria del balanceado: <https://aprobal.com/la-harina-de-soya-elemento-importante-en-la-industria-del-balanceado/>
- Arbor Acres. (2018). *Manual de manejo del pollo de engorde*. [https://eu.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/BB\\_Foreign\\_Language\\_Docs/Spanish\\_TechDocs/AA-BroilerHandbook2018-ES.pdf](https://eu.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/AA-BroilerHandbook2018-ES.pdf)
- Barragan-Fonseca, K. B., Dicke, M., & Loon, J. (2017). Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(2), 105-120. <https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0055>

- Barzegar, S., Wu, S.-B., Noblet, J., & Swick, R. A. (2019). Metabolizable energy of corn, soybean meal and wheat for laying hens. *Poultry Science*, 98(11), 5876-5882 .  
<https://doi.org/https://doi.org/10.3382/ps/pez333>
- Bunchasak, C. (2009). Role of Dietary Methionine in Poultry Production. *The Journal of Poultry Science*, 46(3), 169-179.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.2141/jpsa.46.169>
- Chatterjee, R. N., & Rajkumar, U. (2015). An overview of poultry production in India. *Indian Journal of Animal Health*, 54(2), 89-108.
- COBB-VANTRESS. (2018 ). *Cob 500 Broiler Performance & Nutrition Supplement* .
- Dabbou, S., Gai, F., Biasato, I., Capucchio, M. T., Biasibetti, E., Dezzutto, D., . . . Schiavone , A. (2018). Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: Effects on growth performance, blood traits, gut morphology and histological features. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 9(1), 49.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s40104-018-0266-9>
- Dale , N. (1992 ). True Metabolizable Energy of Feather Meal. *Journal of Applied Poultry Research*, 1(3 ), 331-334 .  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1093/japr/1.3.331>
- Dale, N. M. (2004, Junio 6). *The Poultry Site*.  
<https://www.thepoultrysite.com/articles/alternatives-to-soybean-meal>
- El-Deek , A. A., Abdel-Wareth , A. A., Osman, M., El-Shafey , M., Khalifah, A. M., Elkomy, A. E., & Lohakare, J. (2020). Alternative feed ingredients in the finisher diets for sustainable broiler production. *Scientific Reports*, 10(1), 17743.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41598-020-74950-9>
- INRAE-CIRAD-AFZ. (2021). *INRAE-CIRAD-AFZ Feed tables*.  
<https://www.feedtables.com/content/tables>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2022, 12 15). *RED DE ESTACIONES AUTOMÁTICAS HIDROMETEOROLÓGICAS*.  
<http://186.42.174.236/InamhiEmas/>
- Jacob, J. (n.d.). *Small and backyard poultry*. Common Feed Ingredients in Poultry Diets:  
<https://poultry.extension.org/articles/feeds-and-feeding-of-poultry/basic-poultry-nutrition/>

- Jacob, J. (n.d.). *Small and backyard poultry*. BASIC POULTRY NUTRITION: <https://poultry.extension.org/articles/feeds-and-feeding-of-poultry/basic-poultry-nutrition/>
- Jurgens , M. H., & Bregendahl , K. (2007). Nutritional Requirements of Broilers as Percentage or as Miligrams or Units per Kilogram of Diet . In M. H. Jurgens, & K. Bregendahl, *Animal Feeding and Nutrition*. Kendall/Hunt Publishing Company .
- Loupe, L. N., & Emmert , J. L. (2000). Growth and P owth and Performance of Br formance of Broiler Chicks During the Star oiler Chicks During the Starter and ter and. *Discovery, The Student Journal of Dale Bumpers College of Agricultural,,* 1(1), 20-25.
- Lu, S., Taethaisong, N., Meethip, W., Surakhunthod, J., Sinpru, B., Sroichak, T., . . . Paengkoum, P. (2022). Nutritional Composition of Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens* L.) and Its Potential Uses as Alternative Protein Sources in Animal Diets: A Review. *Insects*, 13(9), 831. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/insects13090831>
- Magaly , M., & Intriago , I. (2015). Políticas de importación de soya y su impacto en la producción avícola en la provincia de Manabí. Manabí, Ecuador.
- Maglangit, F., Alosbanos, R. S., & Akeed, M. H. (2022, Diciembre 24). *Escholarly Community Encyclopedia* . Black Soldier Fly: <https://encyclopedia.pub/entry/7597>
- Makkar, H. P., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>
- Mat, K., Abdul Kari, Z., Rusli, N. D., Rahman, M. M., Che Harun, H., Al-Amsyar, S. M., . . . Hassan, A. M. (2022). Effects of the inclusion of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) meal on growth performance and blood plasma constituents in broiler chicken (*Gallus gallus domesticus*) production. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(2), 809-815. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.10.027>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2022, Septiembre 13). *Ministerio de Agricultura y Ganadería*. Productores e industriales fijan en USD 30 el precio mínimo de sustentación del quintal de soya: <https://www.agricultura.gob.ec/productores-e->

industriales-fijan-en-usd-30-el-precio-minimo-de-sustentacion-del-quintal-de-soya%EF%BF%BC/#:~:text=Guayaquil%2C%2013%20de%20septiembre%20de,valor%20es%20de%20USD%2030.

- Nayohan, S., Susanto, I., Permata, D., Pangesti, R., Rahmadani, M., & Jayanegara, A. (2022). Effect of dietary inclusion of black soldier fly larvae ( *Hermetia illucens* ) on broiler performance: A meta-analysis. *E3S Web of Conferences*, 335. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202233500013>
- Noblet, J., Wu, S.-B., & Choct , M. (2022). Methodologies for energy evaluation of pig and poultry feeds:. *Animal Nutrition*, 8(1), 185-203. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.06.015>
- NRC. (1994). *Nutrient requirements of poultry. 9th revised edition*. National Academy Press.
- Park, Y. H., Kim, H. K., Kim, H. S., Lee, H. S., Shin, I. S., & Whang, K. Y. (2002). Effects of Three Different Soybean Meal Sources on Layer and Broiler Performance. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 15.
- Reyes Hernández , M. (2002). Análisis Económico de Experimentos Agrícolas con Presupuestos Parciales: Re-enseñando el uso de este enfoque. *La Calera*, 2(2), 40-48.
- Sánchez , A. M., Vayas , T., & Fernando , M. (2019). *Soya en Ecuador*. Ambato : Universidad Tecnica de Ambato.
- Schiavone, A., De Marco, M., Martínez, S., Dabbou, S., Renna, M., Madrid, J., . . . Gasco, L. (2017 ). Nutritional value of a partially defatted and a highly defatted black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) meal for broiler chickens: apparent nutrient digestibility, apparent metabolizable energy and apparent ileal amino acid digestibility. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 8(1), 51. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s40104-017-0181-5>
- Singh, A., & Kumari, K. (2019). An inclusive approach for organic waste treatment and valorisation using Black Soldier Fly larvae: A review. *Journal of Environmental Management*, 251 , 109569 - . <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109569>
- Stein, H. H., Berger, L. L., Drackley, J. K., Fahey , G. C., Hernot, D. C., & Parsons , C. M. (2008). Nutritional Properties and Feeding Values of Soybeans and Their

- Coproducts. *Soybeans: Chemistry, Production, Processing and Utilization*, 631-660.
- Stockholm Environment Institute. (2019). Transformational change through a circular economy. *Stockholm Environment Institute*, <http://www.jstor.org/stable/resrep22978>.
- Tesseraud, S., Maaa, N., Peresson, R., & Chagneau, A. M. (1996). Relative responses of protein turnover in three different skeletal muscles to dietary lysine deficiency in chicks. *British Poultry Science*, 37(3), 641-650. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00071669608417893>
- University of Georgia. (n.d.). *College of Agricultural & Environmental Sciencies*. Metabolizable Energy: [https://poultry.caes.uga.edu/extension/poultry-nutrition/soybeans/metabolizable-energy.html#:~:text=Soybean%20meal%20\(SBM\)%20contributes%20between,e nergy%20than%20corn%20](https://poultry.caes.uga.edu/extension/poultry-nutrition/soybeans/metabolizable-energy.html#:~:text=Soybean%20meal%20(SBM)%20contributes%20between,e nergy%20than%20corn%20)
- Wu, S., Swick, R., Noblet, J., Rodgers, N., Cadogan, D., & Choct, M. (2019). Net energy prediction and energy efficiency of feed for broiler. *Poultry Science*, 8(3), 1222-1234. <https://doi.org/https://doi.org/10.3382/ps/pey442>

# APÉNDICE



**Figura 10. Diseño de 12 bloques para el desarrollo del experimento en la GEA.**

**Fuente: autor**



**Figura 11. Aves de engorde con día de nacidos.**

**Fuente autor.**



**Figura 12. Aves a la semana 6 de desarrollo con pesos de 7 libras.  
Fuente autor.**

