



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS VETERINARIAS

MODALIDAD: PROYECTO DE DESARROLLO

Título:

DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA ENERGÍA METABOLIZABLE DE
HARINA DE SOYA A TRAVÉS DE PRUEBAS DE DIGESTIBILIDAD IN
VIVO EN GALLOS REPRODUCTORES ADULTOS

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de magíster en Ciencias
Veterinarias

Autor:

Rodríguez Arévalo Andrés Francisco

Tutor:

Silva Déley Lucia Monserrath, Mg.

LATACUNGA –ECUADOR

2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación determinación del valor de la energía metabolizable de harina de soya a través de pruebas de digestibilidad in vivo en gallos reproductores adultos presentado por Rodríguez Arévalo Andrés Francisco, para optar por el título Magíster en Ciencias Veterinarias.

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Titulación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, octubre, 17, 2023



MG. Silva Déley Lucia Monserrath

CC: 0602933673

APROBACIÓN TRIBUNAL

El Trabajo de Titulación: determinación del valor de la energía metabolizable de harina de soya a través de pruebas de digestibilidad in vivo en gallos reproductores adultos, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magister en Ciencias Veterinarias. El trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

Latacunga, noviembre, 16, 2023



.....
PhD. Edilberto Chacón Marcheco

CI: 1756985691

Presidente del tribunal



.....
MSc. Xavier Cristóbal Quishpe Mendoza

CC: 0501880132

Lector 2



.....
MSc. Cristian Fernando Beltrán Romero

CC: 0501942940

Lector 3

DEDICATORIA

Dedico este trabajo y todo el esfuerzo primero a Dios que siempre ha estado presente en mi vida ayudándome en todo momento, a mi hijo Samuel Rodríguez por ser mi motor y pilar fundamental desde que llego a mi vida para continuar con todo lo propuesto en la misma, a mis padres por motivarme a continuar en especial a mi papa Juan Francisco que me ha enseñado a no rendirme y siempre mirar al frente ante cualquier adversidad, ha mis hermanos Juan y Jorge que tienen una palabra de aliento siempre de motivación y afecto, también con mucho cariño y amor a Estefanía mi pareja y compañera por tener siempre las palabras correctas para no rendirme y poder continuar día a día.

Andrés Francisco Rodríguez Arévalo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme las puertas de digna institución y poder prepararme con nuevas enseñanzas, ha todo el equipo de postgrado por tener y cubrir las necesidades que requerimos nosotros como maestrantes, a mi tutora Ing. Lucia Silva Déley quien ha estado guiándome en todo momento con su amplia experiencia para poder terminar con éxito el trabajo de titulación la cual de ahora en adelante me servirá en mi vida y trayecto profesional

Andrés Francisco Rodríguez Arévalo

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación.

Latacunga, noviembre, 16, 2023



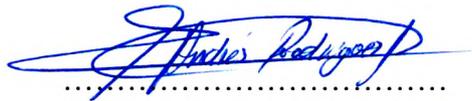
Andrés Francisco Rodríguez Arévalo

060375970-5

RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente Trabajo de Titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, noviembre, 16, 2023



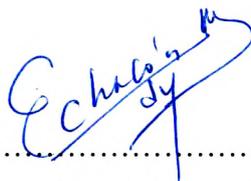
Andrés Francisco Rodríguez Arévalo

060375970-5

AVAL DEL PRESIDENTE

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: Determinación del valor de la energía metabolizable de harina de soya a través de pruebas de digestibilidad in vivo en gallos reproductores adultos contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los miembros del Tribunal en la predefensa.

Latacunga, noviembre, 16, 2023



PhD. Edilberto Chacón Marcheco

CI: 1756985691

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS VETERINARIAS

Título: Determinación del valor de la energía metabolizable de harina de soya a través de pruebas de digestibilidad in vivo en gallos reproductores adultos

Autor: Rodríguez Arévalo Andrés Francisco

Tutor: Ing. Silva Déley Lucia Monserrath, Mg.

RESUMEN

La avicultura destinada a la crianza de machos reproductores, posee alta importancia en los rubros económicos del Ecuador, a su vez, es alta la necesidad de cubrir los requerimientos de energía metabolizable en su alimentación. El objetivo del estudio fue, determinar el valor de la energía metabolizable de harina de soya a través de pruebas de digestibilidad in vivo, en gallos reproductores adultos. La investigación se realizó en la provincia de Chimborazo, se trabajó con gallos reproductores adultos, se establecieron dos tratamientos (T1= 32% y T2= 42% de proteína contenida en la dieta con harina de soya), y siete repeticiones, los gallos fueron ubicados y manejados en jaulas metabólicas de exclusión, las variables de estudio fueron; i) humedad higroscópica, ii) ceniza, iii) proteína bruta, iv) extracto etéreo, v) fibra bruta, vi) extracto libre de nitrógeno, vii) energía metabolizable aparente y verdadera, los datos obtenidos se analizaron por medio de la prueba de Fisher y Tukey. En cuanto a los resultados obtenidos al evaluar las concentraciones de humedad, fibra, proteína cruda y extracto libre de nitrógeno el T2 presentó los mejores resultados, mientras en la variable extracto etéreo el T1 destacó con su contenido de 40,6%, en comparación con el T2, en cuanto al coeficiente de digestibilidad en materia seca (77,92%); fibra cruda (87,27%); materia orgánica (8059%); digestibilidad del extracto libre de nitrógeno (72,9%), los mejores resultados fueron proporcionados por el T2, finalmente, se determinó que el mejor contenido de energía metabolizable verdadera, fue generado por el T2 (2005,31 Kcal/Kg M.S).

PALABRAS CLAVE: Digestibilidad, Proteínas, Fibra, EM, Soya

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS VETERINARIAS

Title: DETERMINATION OF THE METABOLIZABLE ENERGY VALUE OF SOYBEAN MEAL THROUGH IN VIVO DIGESTIBILITY TESTS IN ADULT BREEDING ROOSTERS.

Author: Rodríguez Arévalo Andrés Francisco
Tutor: Ing. Silva Déley Lucia Monserrath, Mg

ABSTRACT

Poultry farming aimed at raising reproductive males has high importance in the economic sectors of Ecuador; in turn, the need to cover the metabolizable energy requirements in their diet is high. The study aimed to determine the value of metabolizable energy of soybean meal through in vivo digestibility tests in adult breeding roosters. The research was carried out in Chimborazo Province, working with adult breeding roosters; two treatments were established (T1 = 32% and T2 = 42% of protein contained in the diet with soy flour), and seven repetitions, the roosters were located and managed in metabolic exclusion cages, the study variables were; i) hygroscopic humidity, ii) ash, iii) crude protein, iv) ethereal extract, v) crude fiber, vi) nitrogen-free extract, vii) apparent and actual metabolizable energy, the data obtained were analyzed using the Fisher and Tukey. Regarding the results obtained when evaluating the humidity, fiber, crude protein, and nitrogen-free extract concentrations, T2 presented the best outcomes. In contrast, in the ethereal extract variable, T1 stood out with its content of 40,6%, compared to T2, regarding the dry matter digestibility coefficient (77,92%), crude fiber (87,27%); organic matter (80,59%); digestibility of the nitrogen-free extract (72,9%), T2 provided the best results. Finally, it generates the most accurate metabolizable energy content from T2 (2005,31 Kcal/Kg M.S).

KEYWORDS: Digestibility; Proteins; Fiber, EM, Soy.

Edison Renato Ruiz López con cédula de identidad 0603957044. Licenciado en Ciencias de la Educación con mención inglés con número de registro de la SENESCYT: 1019-12-1103097 CERTIFICO haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: CERTIFICO haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA ENERGÍA METABOLIZABLE DE HARINA DE SOYA A TRAVÉS DE PRUEBAS DE DIGESTIBILIDAD IN VIVO EN GALLOS REPRODUCTORES ADULTOS de Rodríguez Arévalo Andrés Francisco aspirante a magister en Ciencias Veterinarias.

Latacunga, noviembre, 16, 2023



Edison Renato Ruiz López
0603957044

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Justificación..... | 1 |
| 1.2. Planteamiento del problema | 2 |
| 1.3. Hipótesis..... | 3 |
| 1.4. Objetivos | 3 |
| 1.4.1. Objetivo General..... | 3 |
| 1.4.2. Objetivos Específicos..... | 3 |
| CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA..... | 4 |
| 1.5. La soya (<i>Glycine max</i> (L.)..... | 4 |
| 1.5.1. Origen e importancia..... | 4 |
| 1.5.2. Descripción botánica..... | 4 |
| 1.5.3. Clasificación taxonómica..... | 5 |
| 1.5.4. Harina de soya..... | 5 |
| 1.5.5. Análisis nutritivo de la harina de soya..... | 6 |
| 1.6. Determinación de la digestibilidad en aves | 7 |
| 1.7. Utilización de la energía de los alimentos por las aves | 7 |
| 1.8. Sistema de partición energética..... | 9 |
| 1.9. Determinación de energía metabolizable neta..... | 10 |
| 1.10. Pruebas de digestibilidad..... | 10 |
| 1.11. Determinación de la digestibilidad de los alimentos para aves..... | 11 |
| 1.12. Métodos directos | 11 |
| 1.12.1. Por determinación de la materia seca del alimento..... | 11 |
| 1.13. Métodos indirectos | 11 |
| 1.14. Relaciones entre las formas de energía | 12 |

| | | |
|---|---|----|
| 1.15. | Colecta Total de Excretas (Método Tradicional) | 14 |
| 1.15.1. | Uso de indicadores | 15 |
| 1.16. | Método de Alimentación precisa..... | 16 |
| 1.17. | Ecuaciones de predicción de la EM de los alimentos | 17 |
| 1.18. | Factores que afectan la EM de los alimentos para aves | 18 |
| CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS..... | | 19 |
| 2.1. | Localización y duración del experimento..... | 19 |
| 2.2. | Localización y duración del experimento..... | 19 |
| 2.3. | Unidades experimentales..... | 20 |
| 2.4. | Materiales | 20 |
| 2.4.1. | Campo | 20 |
| 2.4.2. | Laboratorio..... | 20 |
| 2.5. | Factores en estudio | 20 |
| 2.6. | Tratamientos | 21 |
| 2.7. | Diseño estadístico..... | 21 |
| 2.8. | Metodología de evaluación..... | 21 |
| 2.8.1. | Determinación de la humedad higroscópica..... | 21 |
| 2.8.2. | Determinación de la ceniza | 22 |
| 2.8.3. | Determinación de la proteína bruta..... | 22 |
| 2.8.4. | Determinación del extracto etéreo | 22 |
| 2.8.5. | Determinación de la fibra bruta | 22 |
| 2.8.6. | Determinación del extracto libre de nitrógeno - ELN | 22 |
| 2.8.7. | Energía metabolizable aparente – Kcal/Kg MS..... | 23 |
| 2.8.8. | Energía metabolizable verdadera- Kcal/Kg M.S | 23 |
| CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | | 24 |
| 3.1. | Evaluación de la composición química harina de soya | 24 |

| | | |
|---|---|----|
| 3.1.1. | % Humedad y ceniza | 24 |
| 3.1.2. | % Proteína..... | 25 |
| 3.1.3. | % Fibra..... | 25 |
| 3.1.4. | % Extracto etéreo y libre de nitrógeno | 26 |
| 3.2. | Identificación de los coeficientes de digestibilidad in vivo de gallos con 2 niveles de harina de soya..... | 26 |
| 3.2.1. | Coefficiente de digestibilidad de materia seca..... | 26 |
| 3.2.2. | Coefficiente de digestibilidad de Proteína (CDP)..... | 27 |
| 3.2.3. | Coefficiente de digestibilidad del extracto etéreo | 28 |
| 3.2.4. | Coefficiente de digestibilidad de la fibra cruda | 29 |
| 3.2.5. | Coefficiente de digestibilidad de Materia Orgánica | 30 |
| 3.2.6. | Coefficiente de digestibilidad del extracto libre de nitrógeno (ELN)..... | 31 |
| 3.3. | Determinación de la energía metabolizable | 32 |
| 3.3.1. | Energía metabolizable verdadera..... | 32 |
| CAPITULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | | 34 |
| 4.1. | Conclusiones | 34 |
| 4.2. | Recomendaciones | 34 |
| Bibliografía | | 36 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Clasificación taxonómica | 5 |
| Tabla 2 Análisis bromatológico de la harina de soya..... | 7 |
| Tabla 3 EMA y EMAn utilizando el método de colecta total con pollos y gallos. | 13 |
| Tabla 5 Descripción de los tratamientos. | 21 |
| Tabla 6 Esquema del diseño estadístico y prueba de Fisher. | 21 |
| Tabla 7 Evaluación de la composición química de la harina de soya. | 24 |
| Tabla 9 Coeficiente de digestibilidad del extracto etéreo sobre la harina de soya. | 29 |
| Tabla 10 Coeficiente de digestibilidad de la fibra cruda, evaluado sobre la harina de soya..... | 30 |
| Tabla 11 Coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica evaluada sobre la harina de soya..... | 31 |
| Tabla 12 Coeficiente de digestibilidad del extracto libre de nitrógeno contenido en la harina de soja..... | 32 |
| Tabla 13 Energía metabolizable verdadera de la harina de soya. | 33 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 Valor nutricional de la harina de soya. | 6 |
| Figura 2 Esquema de la transformación de la energía bruta ingerida a energía líquida..... | 9 |
| Figura 3 Coeficiente de digestibilidad de proteína expresada en porcentajes. | 28 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| Anexo 1 Fotografías del ensayo..... | 46 |
| Anexo 2 Análisis bromatológico de la soya. | 47 |
| Anexo 3 Certificado Antiplago..... | 48 |

INFORMACIÓN GENERAL

Título del Trabajo de Titulación: Efecto del tamaño de partícula en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*) en la etapa de crecimiento -Engorde

Línea de investigación:

Producción y biotecnología animal

Sublínea de Investigación.

Producción Animal y Nutrición

Proyecto de investigación asociado

Recursos Zoogenéticos Locales, conservación y desarrollo sostenible

INTRODUCCIÓN

1.1. Justificación

La avicultura en el Ecuador es uno de los rubros más importantes dentro de la economía del país, se estima que, en el año 2020, estas explotaciones generaron 3,5 millones de dólares en ganancias (1).

Debido a la importancia económica que la avicultura ha logrado generar en los mercados nacionales e internaciones, como consecuencia de considerarse una fuente de proteína de bajo costo, esta explotación se mantiene direccionada a diversos cambios dentro de sus protocolos de manejo y nutrición, con la finalidad de obtener mayor tecnificación en sus sistemas de explotación y por ende mayor eficacia en la utilización de los recursos (2).

Dentro del mismo marco de ideas, se considera que la avicultura destinada a la crianza de machos reproductores (gallos), posee alta importancia en los rubros económicos de la avicultura, por ende, una de sus principales exigencias es la optimización de los parámetro reproductivos, sin desvincular la necesidad de fortalecer los caracteres cárnicos de estas aves, por lo cual, es indispensable que se proporcionen las dietas alimenticias correctas, para asegurar la expresión de los caracteres genéticos y lograr la conformación óptima de los machos reproductores (3).

La uniformidad de una parvada y su eficiencia productiva y reproductiva, depende de la ganancia de peso y la conformación de su masa proteica, lo cual se encuentra directamente relacionado con los requerimientos nutricionales de las aves, siendo la proporción de energía metabolizable (EM) una de las principales interrogantes al momento de alimentar las parvadas (4).

Cabe considerar, que las necesidades de EM en la alimentación de las aves no siempre son precisas, ya que pueden variar según la especie, la genética, la edad y el nivel nutricional de las mismas (5).

La identificación de la EM verdadera a través de pruebas de digestibilidad en aves es importante, porque esto permite determinar la calidad del alimento en términos de la energía disponible para el animal, además, proporciona información sobre la digestibilidad de los nutrientes y los metabolitos de interés (6).

De la misma manera en los últimos años, el concepto de la EM ha cobrado importancia en la producción avícola debido a su asociación con la producción de carne, huevo y salud del ave, por lo que se confirma que la EM, es una determinación clave de la calidad del alimento (7).

A su vez, es importante reconocer que las aves de crecimiento lento (gallos) y rápido tienen características y requerimientos de energía metabolizable diferente, lo que depende de las necesidades energéticas de cada línea productiva (8).

Por otra parte, la harina de soya descascarillada tiene un perfil de aminoácidos excelente, causa por la cual, es considerada un insumo indispensable al momento de generar formulaciones nutricionales destinadas a las aves, ya que esta proporciona una fuente de proteína cruda y energía metabólica muy elevada a las dietas alimenticias (9).

1.2. Planteamiento del problema

Uno de los problemas principales en la producción de energía en aves, es la falta de información sobre la composición de la dieta y las características del animal (10), además, se presentan dificultades al determinar la cantidad de energía disponible en la dieta, así como el consumo de EM, que son parámetros clave para la producción de energía (11).

A su vez, Díaz-Valdiviezo (12), manifiesta que las limitaciones de la información disponible, para la determinación de la EM es la falta de sistemas estandarizados para la medición de los diferentes componentes de la energía.

En el mismo contexto, un problema potencial es el desconocimiento del valor energético de la harina de soya y su variabilidad al suministrar diferentes dosis, lo que genera una limitante para el desarrollo de un balanceado o alimento de calidad (13).

Por los antecedentes expuestos, la presente investigación buscó la determinación del valor de la energía metabolizable de la harina de soya, a través de pruebas de digestibilidad *in vivo* en gallos reproductores adultos semi-pesados de la línea Lohmann Brown, considerando diferentes pesos y edades.

1.3. Hipótesis

- **Hipótesis nula:** El valor de la energía metabolizable de la harina de soya, influye sobre la digestibilidad de los gallos reproductores.
- **Hipótesis alterna:** El valor de la energía metabolizable de la harina de soya, no poseen influencia sobre la digestibilidad de los gallos reproductores.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Determinar el valor de la energía metabolizable de harina de soya a través de pruebas de digestibilidad *in vivo*, en gallos reproductores adultos.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Establecer la composición química de la harina de soya, para valorar la calidad nutricional de este subproducto a través de química húmeda.
- Identificar los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes de la harina de soya, a través de pruebas digestibilidad *in vivo* (colecta total).
- Determinar el valor de la energía metabolizable de la harina de soya, con ayuda de pruebas de digestibilidad *in vivo* (colecta total).

CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.5. La soya (*Glycine max* (L.))

1.5.1. Origen e importancia

La soya (*Glycine max*) es una planta leguminosa originaria de Asia oriental, fue domesticada hace aproximadamente 5.000 años y se introdujo a América en el siglo XVII, hoy en día, la soya es uno de los principales alimentos de los animales de granja y se usa en numerosos productos alimenticios para consumo humano (14).

La soya es una planta de gran importancia en el mundo, ya que es una fuente importante de proteína y de aceite, se utiliza en la fabricación de productos como la leche de soya y el tofu, a la vez, se usa como alimento para animales, lo que contribuye a la producción de carne y huevos (15).

En este sentido Paredes (16) afirma, que la soya ha adquirido importancia en el Ecuador, debido a su gran demanda como alimento, para la ganadería y la pesca, este país, es el mayor exportador de soya de América Latina, con una producción anual de aproximadamente 1000000 TM.

Cabe considerar, que la soya es un componente importante en los balanceados para aves, ya que es una fuente rica de proteína, aminoácidos esenciales y grasas, por ende, la soya es un ingrediente asequible y de alta calidad, por lo que se considera una buena fuente de energía y minerales propicia para los balanceados de las aves (17), lo que permite aumentar de forma directa su productividad y salud (18).

1.5.2. Descripción botánica

Es una planta herbácea anual, su ciclo vegetativo es de 3 a 9 meses y su longitud puede alcanzar de 40 a 100 cm, la semilla generalmente es esférica, de color amarillo, con un tamaño mediano y pesa de 5 a 40 g/semilla (19).

La soya *Glycine max* (L.), es una planta oleaginosa de gran importancia económica en el Ecuador, es considerada a nivel mundial como una especie estratégica debido, a su composición nutricional, destacándose el alto contenido de proteínas que posee el cual se mantienen en el rango de 38 a 42% y el grado de concentración de aceite se establece entre 18 a 22%, por lo que, su cultivo es de vital importancia para la industria de aceites vegetales y concentrados, principalmente para la elaboración de balanceados destinados a la alimentación animal (20)

1.5.3. Clasificación taxonómica

A continuación, en la tabla 1 se expone la clasificación taxonómica de la soya:

Tabla 1 Clasificación taxonómica

| | |
|---------------|------------------------------|
| Reino: | Plantae |
| Filo: | Tracheophyta |
| Clase: | Magnoliopsida |
| Orden: | Fabales Bromhead |
| Familia: | Fabaceae |
| Género: | <i>Glycine</i> Willd |
| Especie: | <i>Glycine max</i> (L.) Merr |

Fuente: (21)

1.5.4. Harina de soya

La harina de soya es un derivado que se obtiene del aceite de esta leguminosa, siendo la misma, una fuente con niveles inmensurables de proteína y energía, empleadas en las dietas de semovientes, aves, cobayos, equinos, entre otros (22). Además de ser una fuente natural de proteínas, esta harina también aporta aminoácidos esenciales, con una alta concentración de lisina, sin embargo, debido a que la soya contiene altos niveles de antitripsicos, ureasa y lectinas, lo cuales son potencialmente dañinos y pueden provocar problemas en la mucosa intestinal y una respuesta inmunológica negativa, por ello, la soya debe ser tratada antes de usarse en la elaboración de harina (23).

A su vez, la harina de soya es la principal fuente de proteína en las dietas de animales monogástricos a nivel mundial, también aporta un valor energético

considerable en las dietas estándar de pollos, que puede llegar a representar hasta un 18% del total de la energía necesaria del animal (24).

En este sentido Figueiredo (18) menciona, que la harina de soya es una proteína vegetal obtenida a partir de la molienda de semillas de soya, esta harina tiene una alta concentración de proteínas, con un contenido promedio de 40%, además, tiene una excelente relación calidad-precio, estas características la hacen una fuente ideal de proteína en la alimentación de aves.

1.5.5. Análisis nutritivo de la harina de soya

El análisis nutricional de la harina de soya debe incluir la determinación del contenido de proteínas, fibra, lipídicos, minerales y vitaminas, pues estos son los parámetros nutricionales esenciales para determinar la calidad y el valor nutricional de la misma (25). En este caso Aguirre et al. (26) en la figura 1, describen los valores nutritivos de la harina de soya, determinados en su investigación:

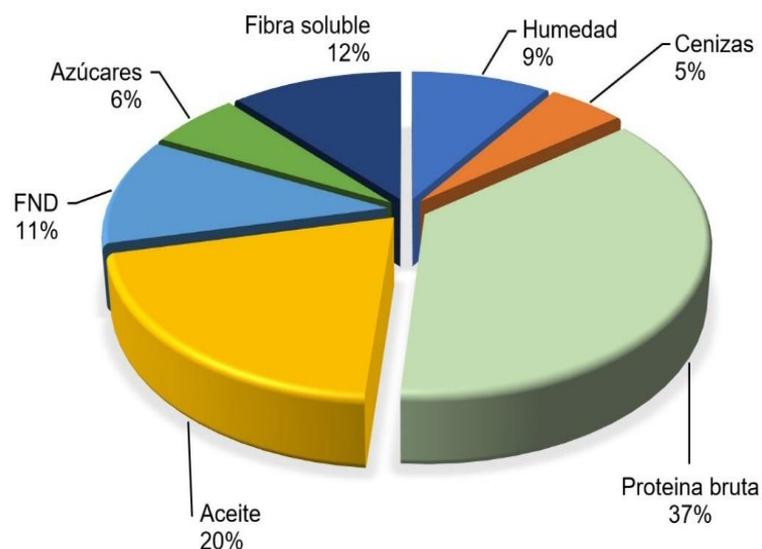


Figura 1 Valor nutricional de la harina de soya.

Fuente: (26)

Por su parte Nerira-Quezada (13), expone los valores encontrados dentro de su investigación sobre el análisis bromatológico de la harina de soya, como se muestra en la tabla 2:

Tabla 2 Análisis bromatológico de la harina de soya

| Muestra | 10% harina de soya | 20% harina de soya | 30% harina de soya |
|----------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Humedad | 39,52% | 38,37% | 38,50% |
| Ceniza | 2,17% | 2,12% | 1,89% |
| Grasa | 1,16% | 1,02% | 1,21% |
| Fibra | 4,26% | 4,31% | 3,99% |
| Proteína | 5,12% | 5,26% | 5,44% |

Fuente: (13)

1.6. Determinación de la digestibilidad en aves

La determinación del contenido de nutrientes y de la digestibilidad de los alimentos, es esencial para la formulación de dietas y la determinación del contenido energético de los alimentos, esta información es indispensable para garantizar que las aves reciban la cantidad adecuada de nutrientes y energía, asegurando así su bienestar y productividad (26).

Entre las metodologías más empleadas para evaluación de los alimentos para aves, se destacan los métodos tradicionales de colecta total de excretas, alimentación precisa, y el método indirecto que utiliza las ecuaciones de predicción (27).

1.7. Utilización de la energía de los alimentos por las aves

La EM se determina, mediante la medición de la diferencia entre la energía del alimento, y las heces, y orina; la energía perdida en forma de gases se considera insignificante en las aves, por lo tanto, no se toma en cuenta en el cálculo de la energía metabolizable, esta puede ser medida en el laboratorio y expresada como; energía metabolizable aparente (EMA), energía metabolizable aparente corregida para balance de nitrógeno (EMAn), energía metabolizable verdadera (EMV) y energía metabolizable verdadera corregida para balance de nitrógeno (EMVn) (28).

A su vez, la metodología para determinar la EM de los alimentos, es utilizando la ecuación para determinar la EM de la dieta referencial y testada: $EM = EB \text{ ración} - EB \text{ excretas}$ (28).

La EMAn difiere de la EMA por la corrección asociada al balance de nitrógeno, utilizando un factor de corrección, para el tenor de nitrógeno (N) retenido o excretado (8.22 kcal/g de N) (29).

Dicha corrección se basa en el hecho de que, en las aves durante la etapa de crecimiento, la proteína retenida en su organismo, consecuentemente no catabolizada hasta los productos de excreción nitrogenada, no contribuyen para la energía de las heces y orina, por otro lado, en aves adultas, parte de los compuestos nitrogenados son catabolizados y excretados como ácido úrico (30).

Las aves con diferentes grados de retención de nitrógeno, proporcionan diferentes valores de energía excretada, para la digestibilidad del alimento, por ello, la corrección por el balance de N tiene, por objetivo padronizar los valores de EMA de los alimentos medidos en diferentes condiciones, ya que, el sistema EMA considera que toda energía de las heces y orina es derivada del alimento (29).

Entre tanto, según Barahora (28), la energía fecal es proveniente de residuos del alimento no digerido, energía metabólica originada de la bilis, descamaciones de las células de la pared intestinal y jugo digestivo. Así como, la energía de la orina comprende la energía de origen alimenticio que no fue utilizada, energía endógena de subproductos nitrogenados de los tejidos y la energía metabólica de subproductos nitrogenados a partir de los nutrientes (31).

A su vez, el sistema de "energía verdadera" fue propuesto por Harris, T. (1966), quien criticó el esquema convencional, por no considerar las pérdidas de energía corporal, posteriormente, basado en el Sistema Harris, el autor desarrolló una metodología para estimar la energía metabolizable verdadera (EMV) de los alimentos para aves, utilizando gallos adultos, en donde la EMV fue obtenida por la diferencia entre la energía bruta (EB) del alimento consumido y la EB de la excreta, corregida por las pérdidas de energía fecal metabólica y urinaria endógena, finalmente, la EMVn logra ser determinada cuando se aplica la corrección por el balance de nitrógeno (31).

Por otra parte, según el esquema propuesto por IRTA (32) en la figura 2, la energía líquida (EL) es obtenida de la EM menos la energía perdida, como incremento calórico, a su vez, el incremento calórico representa toda pérdida de energía durante

que excreta, y puede ser medida al disminuir la energía de salida, de la energía endógena (33).

1.9. Determinación de energía metabolizable neta

El concepto de la energía metabólica aparente con balance de nitrógeno (EMAn) es una medida de la eficiencia de la conversión de la energía de la dieta, en EM, ajustada a los excrementos de N, esta medida es útil para evaluar la calidad de la energía de una dieta (34).

La ecuación para la energía metabólica aparente con balance de nitrógeno (EMAn) de cada dieta, propuesta por Sakomura y Rostagno (34), se expresa de la siguiente manera:

$$EMAn \text{ dieta} = \frac{(EB \text{ ingerida} - EB \text{ excretada}) \pm 8.22 * \text{Balance de Nitrogeno}}{MS \text{ ingerida}}$$

1.10. Pruebas de digestibilidad

Las pruebas de digestibilidad son métodos experimentales en los que se mide la cantidad de nutrientes, digeridos de una dieta dada, estas pruebas se realizan en laboratorios o instalaciones de investigación, en donde los animales seleccionados para realizar las pruebas, son sometidos a dietas controladas en las que el trazador se usa para medir la digestibilidad (35).

Para poder determinar el coeficiente de digestibilidad in vivo, se han utilizado diversos métodos, dentro de los cuales podemos destacar, los más importantes como la colección total de heces (CTH) y el de las proporciones utilizando indicadores, en este caso, el método CTH, es el más confiable, ya que en este involucra factores directos del alimento con el animal, es decir, lo que es ofrecido al animal y lo que es rechazado, las muestras de las heces son analizadas en laboratorio, para determinar la digestibilidad del nutriente en cuestión (36).

A su vez, el cálculo del coeficiente de digestibilidad corresponde al porcentaje de un determinado nutriente que luego de ser consumido y no es eliminado en forma de heces, para dicho cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$D = 100 (P - Ph)/P$$

Donde:

P= Cantidad total de nutriente ingerida (%).

Ph= Cantidad de nutriente que aparece en las heces (%) (36).

1.11. Determinación de la digestibilidad de los alimentos para aves

Barahora (28), manifiesta que el conocimiento del valor nutricional de los alimentos es de gran importancia, para formular raciones que atiendan correctamente las exigencias de las especies animales, pues la determinación de la digestibilidad de los nutrientes y el conocimiento del contenido energético de los alimentos, son informaciones fundamentales para el ofrecimiento adecuado de nutrientes a las aves.

Por ello, existen diversos trabajos de investigación destinados a determinar y actualizar los valores nutricionales de los alimentos utilizados en la formulación de raciones para aves, en busca de proporcionar información para la actualización de las tablas de composición de alimentos (28).

Entre las metodologías más empleadas para evaluación de los alimentos para aves, se destacan los métodos tradicionales de colecta total de excretas, alimentación precisa (29), y el método indirecto que utiliza las ecuaciones de predicción (30).

1.12. Métodos directos

1.12.1. Por determinación de la materia seca del alimento

Según el Manual del laboratorio de bromatología (39):

- Resultados confiables (asumiendo que la muestra no se descompone térmicamente y/o que no hay eliminación de otros componentes volátiles).
- Debe ajustarse temperatura y tiempo (fijo, hasta peso constante, etc.).
- Distintas técnicas de secado:
 - Estufa de aire (de convección natural o forzada): 70-140 °C.
 - Estufa de vacío: < 60 °C; alimentos ricos en proteínas y azúcares.
 - Balanza con lámpara de luz infrarroja: secado rápido.

1.13. Métodos indirectos

Según el Manual del laboratorio de bromatología (39):

- Mide la propiedad física del producto, el cual cambia de manera conocida con el contenido de agua del mismo.
- Requieren calibración previa.
- La aptitud del método depende de la sensibilidad y presencia de interferencias.
- Son métodos aplicables a alimentos, con contenidos de agua del 5 al 95%.
- Medidas eléctricas:
 - Conductividad
 - Resistencia
 - Capacitancia
 - Constante dieléctrica
- Análisis espectroscópicos
 - RMN, IR
- Medidas físicas
 - Densidad; Presión de vapor; Índice de refracción

1.14. Relaciones entre las formas de energía

La relación entre EMA y EMAn puede ser verificada por los datos obtenidos en ensayos realizados con pollos y gallos (Tabla 3), usando la metodología de colecta total, cabe considerar que la diferencias entre la EMA y EMAn son mayores en ensayos con pollos, al compararlos con gallos, dicha diferencia ocurre en función de que las aves en crecimiento, presentaran mayor retención de N corporal en relación a los gallos (28).

En resumen, la diferencia entre la energía metabólica total (EMAn) obtenida para pollos y gallos, expresa que la edad del ave influye en la corrección de la EMA por el balance de nitrógeno, es decir, el efecto de la edad del ave y el procesamiento de la soya, describe el aprovechamiento energético de los alimentos, por lo cual, estos factores deberían ser considerados, al momento de buscar un impacto significativo en el metabolismo y la composición de los alimentos (28).

Tabla 3 EMA y EMAn utilizando el método de colecta total con pollos y gallos.

| | Pollos | | Gallos | | Diferencia | | Diferencia EMAn | |
|-----------|--------|------|--------|------|------------|------|-----------------|-----|
| | EMA | EMAn | EMA | EMAn | EMA | EMAn | P-G | P-G |
| FS+aceite | 3537 | 3321 | 216 | 3570 | 3548 | 22 | -33 | - |
| Extrusada | 3838 | 3630 | 208 | 4105 | 3961 | 144 | -267 | - |
| Tostada | 3600 | 3383 | 217 | 3744 | 3561 | 183 | -144 | - |
| Media | 3658 | 3445 | 213 | 3806 | 3690 | 116 | - | - |

Fuente: (28)

La comparación de los sistemas EMAn y EMVn puede ser hecha por los datos obtenidos en ensayos realizados con gallos por el método de colecta total y por la técnica de la alimentación forzada (27).

A su vez, por el método de colecta total, se verifica que las diferencias entre los valores de EMAn y EMVn de las sojas sean pequeñas, evidenciando que cuando se usa este método, la corrección de las pérdidas endógenas y metabólicas pasan a ser inexpresivas en función del volumen de las excretas las cuales son mayores (27).

Por otro lado, cuando se compara los valores de EMAn y EMVn obtenidos por la técnica de la alimentación forzada, las diferencias son mayores, los bajos valores de EMAn pueden ser explicados, por el hecho de no haber considerado las pérdidas endógenas, indicando que con bajo consumo de alimento y consecuentemente pequeña producción de excretas, la corrección de las pérdidas endógenas se torna necesaria para la obtención de resultados más precisos (27).

En este caso Barahora (28), relata que el efecto del consumo en la determinación de la EM, para un bajo consumo la EMV superestima la energía disponible, en cuanto la EMA y la EMAm, mientras que los valores de EMA y de EMV tienden a ser similares cuando el consumo es elevado.

1.15. Colecta Total de Excretas (Método Tradicional)

El método de colecta total de excretas ha sido bastante utilizado, para determinar la digestibilidad de nutrientes, así como los valores de energía metabolizable de las raciones o de los ingredientes para aves (27).

Este método, se basa en el principio de mensurar el total de alimento consumido y el total de excretas producidas durante un cierto período de tiempo, este puede ser utilizado en aves en crecimiento, pollos a partir de 10 días de edad o aves adultas, y generalmente gallos, para determinar la EMA y la EMAn (28).

Sus ensayos comprenden un periodo de adaptación de las aves a las raciones y a las instalaciones, el cual debe ser de 4 a 7 días, y el periodo de colecta de las excretas y control del consumo de las raciones que debe ser como mínimo 4 a 5 días, en donde es posible constatar aumentos en el desvío estándar de las medias de EM de las raciones, la precisión de los valores de EM depende en gran parte de la cuantificación total del consumo de alimento y del total de excretas producidas durante el período de colecta (28).

Varios criterios han sido utilizados para definir el inicio y termino de las colectas, uno de los criterios más comunes es el uso de un cronómetro o reloj, con el fin de regular la recolección de excretas en un periodo establecido, sin embargo, este método no es perfecto, ya que los animales pueden excretar antes o después del tiempo fijado, otro criterio es en base a la aparición o desaparición de un colorante o trazador en las excretas, esto permite medir más precisamente el periodo en que las excretas han sido recolectadas, sin embargo, esta técnica presenta la desventaja de que el colorante puede alterar la digestibilidad del alimento (40).

Otra manera, es el uso de 1% de óxido férrico en las raciones, como marcador, en el primero y en el último día de colecta. Así, las excretas no marcadas, en la primera colecta, y las marcadas, en la última colecta, deben ser despreciadas (28).

Para determinar los valores energéticos de un ingrediente específico, se necesitan saber sus contenidos de proteína, fibra, azúcares y grasa, es necesario saber la digestibilidad de los nutrientes y la eficiencia energética del animal, esta información se puede obtener a través de experimentos digestivos in vivo o in vitro, y de análisis bromatológicos; factores a considerar son; edad, peso y estado de salud

del animal, el nivel de actividad y el ajuste digestivo del animal, entre otros, estos factores también pueden afectar la digestibilidad del ingrediente y, por lo tanto, sus valores energéticos (41).

Dentro del mismo marco de ideas, Gálvez (42) indica que la relación entre los valores de EM de un ingrediente y el porcentaje de sustitución de la dieta referencial no es lineal, debido a efectos indeseados como la dilución de los nutrientes, la capacidad digestiva del animal y la integridad estructural de los nutrientes, por lo tanto, es necesario encontrar el porcentaje de sustitución que proporcione el mayor valor de EM.

1.15.1. Uso de indicadores

La determinación de la digestibilidad relacionando la presencia de sustancias no digeribles en los alimentos y las excretas, puede servir como una alternativa al método de recolección de excretas totales, la cantidad de nutriente presente en la dieta que fue digerida y absorbida por el animal se estima utilizando estas sustancias no digeribles, también conocidas como indicadores, para determinar un factor de digestibilidad (43).

Uno de los principales beneficios de utilizar indicadores, es que no es necesario medir el consumo de raciones, la cantidad total de excretas producidas, con esto se evita la contaminación de las mismas, pues para utilizar los indicadores de manera efectiva, estos deben mezclarse uniformemente con la ración y someterse a análisis químicos estandarizados, para determinar su concentración en las raciones y excretas (44).

Un indicador confiable es aquel que es bien conocido, no tóxico, inalterado durante el paso por el intestino, no afecta las funciones fisiológicas del tracto digestivo, no está relacionado con otros nutrientes, se recupera completamente en las excretas y es sencillo de analizar en un laboratorio (28).

Es posible clasificar los indicadores como internos o externos, los indicadores externos son materiales añadidos a la ración que el animal no es capaz de digerir y que se utilizan para evaluar el contenido energético de un ingrediente, o la digestibilidad de los nutrientes, siendo una limitante, el que no se comporten como partículas del alimento y una vez adheridos a su porción fibrosa, pueden alterar

algunas características químicas y físicas, el indicador más efectivo es el óxido de cromo, este indicador es el más barato del mercado, además este se incorpora fácilmente a las dietas y su análisis no reviste de complejidad (45).

Cabe considerar que el uso de óxido de cromo, tiene efectos positivos en la recolección general de excrementos; sin embargo, algunos autores han demostrado que este método produce resultados inconsistentes (46).

Esta eficiencia se explica por elementos como la imperfecta recuperación del óxido de cromo en las excretas y el desafío de reproducir los resultados de este indicador en diversos laboratorios (28).

1.16. Método de Alimentación precisa

El método de alimentación precisa (P-A) es un método de determinación de la digestibilidad metabólica de la energía, usado para evaluar la digestibilidad de nutrientes en animales monogástricos, y consiste en la inclusión de una cantidad estandarizada de agua o de un elemento trazable (como cromo) en la ración dada al animal, y en donde luego se realiza la medición de la cantidad de agua, es un método estable y repetible, posee ventaja sobre otros métodos de digestibilidad, ya que no es necesario mediciones repetidas de la excreción (44).

Sin embargo, Vallejo (27) menciona, que el método propuesto por Sibbald, I. (1976), con modificaciones realizadas por Sibbald y Wolynetz (1984) para mayor precisión de los resultados, es utilizado en gallos adultos que fueron sometidos inicialmente a un periodo de ayuno de 24 horas, proporcionando el vaciamiento del tracto digestivo del ave, después de este período los gallos son forzados a ingerir 30g de alimento.

Según Barahora (28), durante la colocación del alimento en el buche del ave, no se deben administrar en exceso, ya que pueden producirse regurgitaciones y la consiguiente pérdida de material, la comida se puede dar toda de una vez o dos veces, separadas por intervalos de ocho horas, para la recolección de excretas se debe realizar esta acción luego de 48 horas posteriores al suministro de comida en intervalos de 12 horas.

A su vez, para evitar la contaminación de las excretas, se deben utilizar bolsas de plástico y colocarlas en la zona pélvica del gallo, después de quitarle las plumas

que rodean la cloaca; aunque existe un mayor riesgo de contaminación, las bandejas colocadas debajo del suelo de la jaula también se pueden utilizar para la recoger los excrementos, la velocidad con la que se completan las pruebas, la pequeña cantidad de material probado necesario y la provisión de valores EMV independientes del consumo de alimentos son los beneficios que ofrece el método Sibbald (47).

Garcés-Román (48) menciona, que en este método por el hecho que el alimento testado puede ser ofrecido individualmente, se evitan las posibles interacciones entre los nutrientes de la dieta referencial que puede subestimar o sobreestimar los valores de EM.

Entre tanto, Sainz y Baldwin (49) critican el método por el hecho que las aves en ayuno presentan un padrón fisiológico anormal, resultando en mayor excreción de energía metabólica endógena, influenciando directamente en el cálculo de la EMV.

1.17. Ecuaciones de predicción de la EM de los alimentos

Los valores de composición de los alimentos utilizados en la formulación de raciones suelen basarse en tablas de Sauvart et al. (38).

Según Gutiérrez-Arenas (50) el método de obtención de la EM empleando la fórmula NRC, es difícil de aplicar en sujetos juveniles porque los parámetros NR, no son totalmente precisos en animales en crecimiento, dado que los otros métodos dependen de metodologías que son difíciles de implementar para la industria y requieren pruebas biológicas, además de tomar más tiempo para obtener los resultados, son herramientas cruciales para formular raciones (47).

Aunque, Moscoso (37), critica que dicho método es apropiado para la estimación de la energía metabólica neta en aves porque solo se basa en la digestibilidad a nivel de la cavidad gástrica, aunque la fórmula no tiene en cuenta el aporte metabólico por las deshidrataciones.

Mientras Nitzan et al. (51) compara la fórmula NRC con otras fórmulas, como las de Penn State (1983), además de la de Heaton (1983) y Lignin-Crude Fiber (1979), de acuerdo con este autor, las fórmulas anteriores no son tan adecuadas, porque no tienen en cuenta la digestibilidad a nivel intestinal, ni la contribución metabólica del aminoácido prolino.

1.18. Factores que afectan la EM de los alimentos para aves

Los factores que afectan la digestibilidad de los nutrientes en los animales incluyen la edad, el tamaño, la genética y el nivel de ejercicio; también se afirma que la digestibilidad de los alimentos varía en función del tipo y composición de la dieta, el procesamiento de los alimentos y el metabolismo basal del animal; además en recopilaciones bibliográficas encontró que; el aprovechamiento de la EMA y la EMAn es menor en los animales pequeños y jóvenes, y se incrementa con la edad del animal, además, la digestibilidad de alimentos secos (como la harina de soja) es menor que la de alimentos húmedos (como el aceite de soja) (52).

En consecuencia, la diferencia de las líneas de pollos de engorde actuales, obtenidos mediante el uso de la genética proporciona una mejora consiguiente en la capacidad de aprovechar los alimentos para favorecer un metabolismo más rápido, mientras que en gallos de avanzada edad tienen un menor uso de la energía de los ingredientes, estos se pueden atribuir a una menor capacidad digestiva, esto debido a que aún mantienen sus características genéticas originales (sin mejora genética) (52).

En este caso Freitas (53) menciona, que la digestibilidad de los nutrientes en los pollos varía en función de la edad del animal, los pollos de menos de 20 días de edad, tienen una digestibilidad inferior a los animales mayores, ya que la función digestiva está en desarrollo, de igual manera, la digestibilidad de los nutrientes se ve afectada por el nivel de actividad física del animal, en consecuencia, hay otros factores que pueden influenciar la digestibilidad de los nutrientes en los animales, como el género y la raza del animal, la estructura física de la dieta, la composición de la dieta, las características de los alimentos, y el tamaño de partícula de los alimentos, entre otros.

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización y duración del experimento

La metodología aplicada en este estudio fue mixta, es decir se incorporó la combinación de los enfoques cualitativos y cuantitativos, ya que se identificó el efecto de la harina de soya incrementada a la dieta de 14 gallos; los dos enfoques emplean procesos cuidadosos, metódicos y empíricos en su esfuerzo para generar conocimiento, es decir mediante estos enfoques se recolectó, analizó y relacionó los datos cuantitativos y cualitativos levantados en el estudio, con lo cual se logró responder a los objetivos planteados.

Cabe considerar que Conona (54) menciona, que el método cuantitativo se utiliza, para establecer con exactitud patrones de comportamiento de una población, mientras el cualitativo, sirve para que el investigador forme teorías propias sobre el fenómeno estudiado.

El enfoque también fue de carácter científico, ya que en este estudio existió la variable (harina de soya) que se mantuvo constante, mientras que la energía metabolizable (EM), presente en los gallos se midió como variable del experimento. Por ello, en el presente trabajo se utilizó una investigación de tipo experimental ya que la misma permitió identificar si el cambio de la variable dependiente, debido a la manipulación de la variable independiente; es decir esta investigación permitió establecer causa-efecto del fenómeno.

2.2. Localización y duración del experimento

La investigación se realizó en la provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, parroquia San Gerardo, ubicada en el barrio la Florida, con una altitud de 2764 m.s.n.m., a una longitud de 78°38'49,63"O y una latitud de 1°40'15.53"S (55).

El experimento tuvo una duración de 30 días distribuidos en dos fases, la primera fue en campo y la segunda fase en laboratorio.

2.3. Unidades experimentales

El ensayo contó con 14 unidades experimentales que estuvieron conformadas por gallos reproductores adultos semipesados de la línea Lohmann Brown, los mismos que fueron ubicados en jaulas metabólicas de exclusión (Anexo 1) para realizar las pruebas respectivas de digestibilidad.

2.4. Materiales

2.4.1. Campo

- 14 jaulas metabólicas
- 14 gallos adultos
- Dieta a base de harina de soya
- Fundas recolectoras de heces
- Envases plásticos
- Balanza
- Equipo de limpieza
- Instalaciones de nutrición
- Comederos
- Bebederos, entre otros

2.4.2. Laboratorio

- 14 muestras experimentales
- Balanza analítica
- Equipos para la determinación de fibra bruta, extracto etéreo
- Equipo para determinar la humedad inicial e higroscópica
- Equipo para determinar la proteína

2.5. Factores en estudio

- **Factor A:** dietas
 - **a₁:** Con harina de soya 32%
 - **a₂:** Con harina de soya 42%
- **Factor B: Gallos reproductores adultos**

2.6. Tratamientos

En la presente investigación se consideró como tratamientos la adición de harina de soya en la dieta en un 32% y 42%, es decir la interacción de los factores AxB según el siguiente detalle expuesto en la tabla 4:

Tabla 4 Descripción de los tratamientos.

| Tratamientos | Descripción |
|--------------|---|
| T1 | Dieta con harina de soya al 32% de proteína |
| T2 | Dieta con harina de soya al 42% de proteína |

2.7. Diseño estadístico

El tipo de diseño estadístico que se utilizó para esta investigación fue diseño completo al azar (DCA), donde se aplicó la prueba de Fisher como se expone en el siguiente esquema (Tabla 5), considerando el análisis funcional:

- Prueba de Fisher al 5% y 1%
- Prueba de Tukey al 5%

Tabla 5 Esquema del diseño estadístico y prueba de Fisher.

| Fuente de variación | Grados de libertad | CME* |
|-----------------------|--------------------|-----------------------------------|
| Tratamientos (t-1) | 1 | $f^2 e + 2 \Theta^2$ tratamientos |
| Error Ex. (t-1 x r-1) | 2 | $f_2 e$ |
| Total (txr)-1 | 5 | |

*CME=cuadrado medio de error

2.8. Metodología de evaluación

2.8.1. Determinación de la humedad higroscópica

Las muestras fueron secadas a 65°C de temperatura, las cuales aún contenían cierta cantidad de agua llamada humedad higroscópica. Se determinó la humedad higroscópica de las muestras en la estufa a 105°C por un tiempo de 12 horas.

2.8.2. Determinación de la ceniza

Se llevó a cabo por medio de incineración seca, la cual consistió en quemar las muestras recolectadas en la mufla, a una temperatura de 300 °C, hasta obtener una ceniza color gris o gris claro.

2.8.3. Determinación de la proteína bruta

Las muestras recolectadas se sometieron a un calentamiento y digestión con ácido sulfúrico concentrado, hasta que la proteína se descompuso en amoníaco (los carbohidratos y las grasas se descomponen, se libera amoníaco y se forma sulfato de amonio). Luego se cuantificó el nitrógeno en forma de amoníaco.

2.8.4. Determinación del extracto etéreo

Se basó en la extracción de grasa de la muestra mediante éter dietílico. Para obtener este parámetro se empleó el dietiléter sobre las muestras de heces cuya reacción permitió determinar el extracto etéreo, a continuación, dicho extracto se recogió en un beaker se secó y finalmente se pesó.

2.8.5. Determinación de la fibra bruta

Esta variable se obtuvo por la sucesiva separación de la ceniza, proteína, grasa y sustancia extraída libre de nitrógeno; para lo cual se utilizó una solución débil de ácido sulfúrico y álcalisis,

2.8.6. Determinación del extracto libre de nitrógeno - ELN

El ELN se calculó a partir de los valores obtenidos en el análisis proximal. Se calculó restando al 100% la proporción de proteína bruta, fibra bruta, extracto etéreo y cenizas.

Para determinar esta variable se empleó la siguiente fórmula (56):

$$\text{ELN} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{FB} + \% \text{EE} + \% \text{C})$$

Donde:

- PB = proteína bruta.
- FB = fibra bruta.
- EE = extracto etéreo.
- C = cenizas.

2.8.7. Energía metabolizable aparente – Kcal/Kg MS

Para la determinación de esta variable se utilizó la siguiente fórmula (56):

$$EMV = (EB \text{ ing} - EB \text{ exc}) / MS \text{ ing.}$$

Donde:

- EB ing: energía bruta ingerida
- EB exc: energía bruta excretada
- MS ing: materia seca en ingesta

2.8.8. Energía metabolizable verdadera- Kcal/Kg M.S

La determinación de la energía metabolizable verdadera se realizó con ayuda de la siguiente fórmula (56):

$$EMV = EB \text{ ing} - (EB \text{ exc} - EB \text{ end}) / MS \text{ ing.}$$

Donde:

- EBing: Energía Bruta ingerida.
- EB exc: Energía Bruta excretada.
- EB end: Energía Bruta endógena.
- MS: Materia Seca.

CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Evaluación de la composición química harina de soya

Mediante la tabla 6, se exponen los resultados obtenidos al evaluar las concentraciones de humedad, fibra, ceniza, proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE) y extracto libre de nitrógeno (ELN), dichos valores promedios obtenidos, son analizados de manera individual a continuación:

Tabla 6 Evaluación de la composición química de la harina de soya.

| Concentraciones | Soya 32% | Soya 44% | Promedio |
|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Humedad | 5,0 | 12,0 | 8,5 |
| Fibra | 2,8 | 5,8 | 4,3 |
| Cenizas | 6,2 | 6,2 | 6,2 |
| Proteína cruda (PC) | 32,9 | 40,0 | 36,5 |
| Extracto Etéreo (EE) | 40,6 | 2,7 | 21,7 |
| Extracto libre de Nitrógeno (ELN) | 12,5 | 33,4 | 22,9 |

3.1.1. % Humedad y ceniza

En la presente investigación el análisis realizado determinó que; existió una humedad promedio de 8,5% y ceniza de 6,2%.

En las dos concentraciones se determinó una humedad de 5% (T1: 32%), y 12% para (T2: 42%); mientras que el porcentaje de ceniza fue de 6,2% para los dos tratamientos, estos valores indican que la harina tiene un bajo contenido de cenizas y una humedad aceptable.

La humedad de la harina en la presente investigación es inferior a lo reportado por Aburto et al. (57), mediante el método de secado con un equipo desecador a 106°C,

obteniendo un porcentaje de humedad correspondiente a 11,34%. Por lo contrario, para Barahora (28) el porcentaje de ceniza obtenido de la soya ecuatoriana, fue de 4,9%, la cual es inferior al reportado en el presente ensayo, dicha diferencia fue compartida con el autor, el cual sugiere que los minerales disponibles en la soya son relativos a la variedad y zona de producción.

En cuanto, a la ceniza de la harina de soya obtenida por FEDNA (58) es inferior a la obtenida en la presente investigación, debido a que el protocolo se basó en introducirla en una cápsula de cuarzo o porcelana redonda después de haberla pesado en vacío, y se colocó la cápsula en la mufla eléctrica, con termostato regulado a 910°C con la puerta abierta con un porcentaje de 6,23%, convirtiéndose en apta para el consumo y buena absorción.

3.1.2. % Proteína

La proteína contenida en la harina del presente estudio, tuvo un promedio de 36,5% lo que registró el valor más alto en T2 (42% de harina de soya) con 40%, mientras para T1 (32% harina de soya) con un valor de 32,9% fue el más bajo, sin embargo; estas características siguen siendo aptas para el consumo y absorción de la misma. Cabe considerar, que en el estudio presentado por Garzón (59), se registró 7% de proteína, mientras que en los análisis de Mateos y Lazaro (60) los niveles de proteína oscilan entre 43% y 45% para la harina de soya estándar, y 46,7 y 48,5% para la harina de alta proteína, por lo que se afirma que la proteína determinada en el T2 del ensayo se asemeja a los resultados del autor Mateos.

3.1.3. % Fibra

La presencia de fibra cruda en las muestras fue determinada con un valor promedio de 4,3%, sin embargo, individualmente; el mayor contenido fue cuantificado en el tratamiento T2 con 5,8%; mientras que el T1 presentó el menor promedio alcanzado 2,8%.

Según El Granjero (61), el porcentaje de fibra contenida en la harina de soya, tiene un valor máximo de 3,5% para la etapa de finalización (22-56 días de edad), sin embargo, el valor de 2,77% sigue siendo óptimo para desarrollar una buena digestibilidad y absorción de la harina de soya, por lo cual se afirma que la fibra

alcanzada en la investigación es favorable para asegurar la digestibilidad y absorción en las aves.

3.1.4. % Extracto etéreo y libre de nitrógeno

En la investigación planteada, los valores promedios evaluados de extracto etéreo y libre de nitrógeno fueron 21,7 y 22,9% respectivamente; en lo que respecta a sus resultados de forma individual el valor más alto alcanzado en EE lo tuvo T1 (40,6%); mientras que para el ELN el T2 consiguió un 33,4%.

3.2. Identificación de los coeficientes de digestibilidad in vivo de gallos con 2 niveles de harina de soya.

3.2.1. Coeficiente de digestibilidad de materia seca

Los diferentes niveles de soya evaluados en el presente trabajo, no presentaron diferencias estadísticas (NS) según la prueba de Fisher en cuanto al coeficiente de digestibilidad de materia seca en las aves (Tabla 8); en promedio general existió un 77,22% CD-MS, es así que la prueba de Tukey al 5%, determinó un solo rango de significancia; presentando el T2 un 77,92%, y el T1 un promedio de 76,51%).

Los resultados obtenidos, fueron una respuesta diferente a lo investigado por Barahora (28) el mismo que al evaluar la digestibilidad de soya proveniente de Argentina, Bolivia y Ecuador, obtuvo un promedio de 95%, sin encontrar diferencias estadísticas, compartiendo criterio con el autor esta diferencia puede deberse a que el método de extrusión de soya influye en la liberación del aceite lo que aumenta la digestión en el intestino delgado, es decir si la digestibilidad de la harina es alta, la cantidad de materia seca excretada también será alta.

Por otra parte, al considerar el estudio de Martínez et al. (62), en donde utilizó 56 gallos Leghorn de seis meses de edad, para determinar la digestibilidad de aminoácidos, por el método Silbbald, se detectaron diferencias en las concentraciones de aminoácidos en las excreciones endógenas de aves en ayunas, el coeficiente de digestibilidad verdadero medio de nueve aminoácidos esenciales fue; en sorgo en grano 91,1; en dos pastas de soya comerciales 96,6 y 94,8; y en soya cruda, sin tratar y sometida a tratamiento hidrotermal a 0,42, 0,84, 1,26 y 1,68 kg/cm² respectivamente; en todo caso los resultados obtenidos se reportaron valores inferiores a los determinados en este ensayo, esto se debe a lo mencionado

por Barahona (28) el cual evaluó tortas de soya procedentes de Argentina, Bolivia y Ecuador determinándose diferencias significativas, siendo la ecuatoriana la de menor cantidad de materia seca, proteína cruda y fibra cruda con 88,17; 39,86 y 6,88% respectivamente.

Tabla 8 Coeficiente de digestibilidad de materia seca determinada en la investigación.

| Tratamientos | Medias | Rango |
|----------------------------|---------------|--------------|
| T2 (harina de soya al 42%) | 77,92 | A |
| T1 (harina de soya al 32%) | 76,51 | A |
| Media: | 77,22 | (ns) |

*No significativo=ns

3.2.2. Coeficiente de digestibilidad de Proteína (CDP)

Entre los dos niveles evaluados de soya estos presentaron diferencias estadísticas altamente significativas (**) en cuanto al contenido de proteína cruda presente en las heces de las aves, según la prueba de Fisher; en promedio general estos niveles fueron de 90,48% (Tabla 8).

La prueba de Tukey al 5%, estableció un solo rango para CDP, sin embargo, se encontró que el T1 con un promedio de 90,96% presentó ligeramente un valor más alto, mientras que T2 tuvo una media de 90,91% estos valores obtenidos quieren decir que, la proteína bruta administrada en la dieta fue absorbida y metabolizada en un alto porcentaje.

Según Vallejo (27), al realizar comparaciones de la proteína cruda presente en gallos reproductores adultos semipesados Lohmann Brown sometidos a diferentes tratamientos descubrió que, el contenido de Proteína Cruda (PC) en los diferentes tipos de maíz evaluados, presentan un promedio de 8,08+0,26%, determinándose un mayor contenido de PC en el maíz Importado, con un promedio de 8,34% y el menor valor de PC en el maíz de la Sierra con un promedio de 7,73%, motivo por el cual afirma que las diferencias de este parámetro, pueden deberse a la procedencia de la materia prima del alimento, así como a la variedad evaluada dentro de cada lugar de origen.

Lo cual es corroborado por Barahona (28) quien identificó un aporte de PC de la torta de soya proveniente de Bolivia (43,48 %), de Argentina (33,76 %), y Ecuador (39,86 %); notándose claramente un comportamiento muy diferente de la naturaleza de la soya.

Las valoraciones mencionadas de PC permiten reflexionar en que la harina de soya proporcionada al 42% a gallos de avanzada edad, va a registrar un valor más alto de digestibilidad, que aquel tratamiento en donde se suministró 32% (Figura 3). Sin embargo, es importante considerar que la morfología intestinal, el sistema inmunitario, así como la absorción de nutrientes y la población bacteriana, puede verse alteradas por la edad de las aves, el sustrato que circula por el lumen intestinal ligados a la soya y su ingrediente proteico (63).

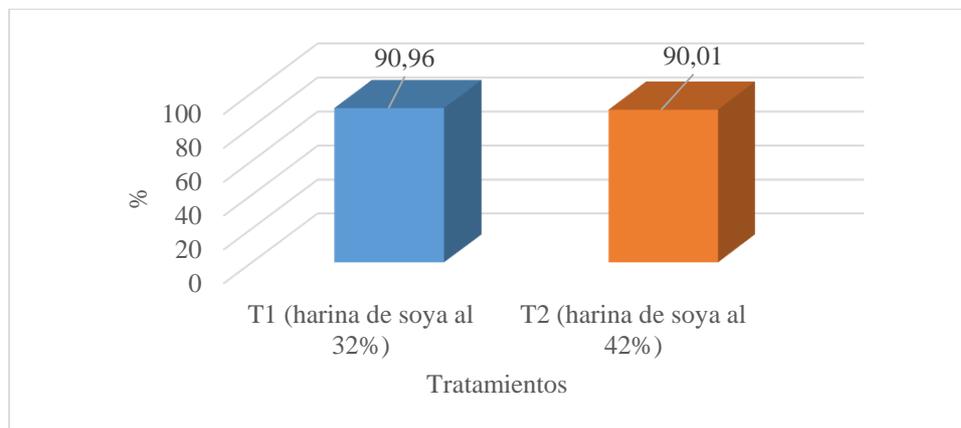


Figura 3 Coeficiente de digestibilidad de proteína expresada en porcentajes.

3.2.3. Coeficiente de digestibilidad del extracto etéreo

El coeficiente de digestibilidad del extracto etéreo en los diferentes niveles de harina de soya proporcionados a las aves, mostró diferencias muy significativas (**), según la prueba de Fisher como se expone en la tabla 7. Así mismo, con la prueba de Tukey al 5% realizada para separar las medias (Figura 4), se demostró que el T1 tuvo la digestibilidad del extracto etéreo más alta con 95,3%. Estos resultados sugieren que proporcionando un 32% de harina de soya a las aves, estas tienen una mayor capacidad de digerir y extraer los nutrientes necesarios de la materia seca, como lo son las vitaminas y ácidos grasos.

En este caso Guerrero et al. (64) manifiestan que, el coeficiente de digestibilidad del extracto etéreo (CDE) en pollos, representa la capacidad del ave para digerir los

componentes no proteicos de la dieta, un CDE alto indica una mayor capacidad de digerir los carbohidratos, la fibra y la grasa de la dieta, mientras un CDE bajo puede indicar problemas con la digestibilidad, como enfermedades del intestino o problemas en la composición de la dieta.

Sin embargo, la investigación de Visentín et al. (65) mostró que el CDE de los pollos alimentados con dietas con 20% de harina de soya y aditivos, mejoró en comparación con dietas que contenían 10% de harina de soya y sin aditivos. Este efecto se debió a la reducción de la fermentación intestinal, lo que mejoró la digestibilidad de la dieta.

Mientras que Taipe (66) menciona que, en pollos, la digestibilidad del extracto etéreo aumenta al aumentar la cantidad de alimento ingerido, la edad del pollo y la digestibilidad de proteínas, confirmando que el tipo de expeller de soya también afecta la digestibilidad del extracto etéreo.

Tabla 7 Coeficiente de digestibilidad del extracto etéreo sobre la harina de soya.

| Tratamientos | Medias | Rango |
|----------------------------|---------------|--------------|
| T1 (harina de soya al 32%) | 95.30 | A |
| T2 (harina de soya al 42%) | 86.96 | B |
| Promedio | 91.13 | ** |

3.2.4. Coeficiente de digestibilidad de la fibra cruda

El Coeficiente de Digestibilidad de la Fibra Cruda (CDFC) mostró diferencias altamente significativas (**) según la prueba de Fisher entre los dos tratamientos estudiados

(Tabla 8); es así que la prueba de Tukey al 5%, determinó que la media más alta de digestibilidad es en el T2 con 82,27%, en donde el valor más bajo del CDFC de soya fue en el T1 con 54,44%. Dichos resultados indican que el suministro de un 42% de harina de soya al ave, le permite extraer y usar una mayor cantidad de nutrientes de la fibra cruda presente en el alimento; lo cual contribuye a optimizar el crecimiento de las aves.

La digestibilidad de la fibra cruda depende de varios factores, como la edad del ave, la composición de la dieta y el sistema digestivo, pues a medida que envejece el

ave, su digestibilidad de la fibra cruda disminuye, debido a la pérdida de la actividad de las enzimas digestivas y el declive de la salud de la mucosa intestinal (64), sin embargo, el mismo autor señala que la digestibilidad de la fibra cruda en gallos varía dependiendo de la dosis de la harina de soya en la dieta. En general, a medida que se aumenta la dosis de harina de soya en la dieta, la digestibilidad de la fibra cruda aumenta, lo cual corrobora y valida los presentes resultados.

Tabla 8 Coeficiente de digestibilidad de la fibra cruda, evaluado sobre la harina de soya.

| Tratamientos | Medias | Rango |
|----------------------------|---------------|--------------|
| T2 (harina de soya al 42%) | 82,27 | A |
| T1 (harina de soya al 32%) | 54,44 | B |
| Promedio | 68,35 | ** |

3.2.5. Coeficiente de digestibilidad de Materia Orgánica

En esta investigación se evaluó que los contenidos de materia orgánica excretada total, los dos tratamientos no presentaron diferencias estadísticas significativas (ns) según la prueba de Fisher; es así que la prueba de Tukey al 5%, determinó un solo rango de significancia siendo T2 (80,59%) y T1 (77,78%), estos valores indican una eficiencia digestiva, ya que la mayor parte de la materia orgánica en la dieta suministrada fue absorbida y metabolizada por las aves.

Es importante el estudio de este parámetro porque proporciona información indispensable sobre la eficiencia de la utilización de la dieta, en tal virtud. Espinosa (67) al comparar la digestibilidad de la materia orgánica en aves de carne alimentadas con diferentes dietas locales, determinó diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos, presentando el promedio de 74,6%, el cual es inferior al del presente estudio, esto se debe a que en la evaluación realizada por dicho autor se usó una dieta de referencia semipurificada.

En el mismo contexto López et al. (31) hacen referencia a los alimentos no convencionales como la vigna, que posee un gran potencial para utilización en la alimentación de aves y animales de abasto, por su elevado porcentaje de

digestibilidad 80,60% y energía metabolizable de 3546 Kcal.Kg-1 para materia orgánica. Por lo que se afirma que la harina de soya con una concentración de 42%, proporciona un coeficiente de digestibilidad de materia orgánica de 80,59% lo que resulta ser aparente a los alimentos no convencionales ricos en proteína.

Tabla 9 Coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica evaluada sobre la harina de soya.

| Tratamientos | Medias | Rango |
|----------------------------|---------------|--------------|
| T2 (harina de soya al 42%) | 80,59 | A |
| T1 (harina de soya al 32%) | 77,78 | A |
| Media: | 92,87 | ns |

3.2.6. Coeficiente de digestibilidad del extracto libre de nitrógeno (ELN)

No hubo diferencias significativas (ns) en el coeficiente de digestibilidad del extracto libre de nitrógeno entre los diferentes niveles de soya administrados a las aves, según la prueba de Fisher (Tabla 10). La prueba de Tukey al 5%, mostró un solo rango de significancia; sin embargo, matemáticamente el mayor coeficiente de digestibilidad se lo identificó en T2, con una media de 72,9%, mientras que el valor más bajo se encontró en el T1, con un promedio de 69,1% del coeficiente de digestibilidad del ELN.

En base a dichos resultados se infiere que los especímenes de T2 (harina de soya al 42%) fueron más eficientes en digerir y absorber las proteínas y aminoácidos de la dieta; mientras que las aves del T1 (harina de soya 32%) tuvieron una menor eficiencia, esto quizá se deba a una reducción de enzimas digestivas.

Al respecto Cuibin et al. (68) manifiestan, que el ELN incluye los carbohidratos más solubles como; azúcares, almidón y algunas hemicelulosas, de un alto porcentaje de digestibilidad, además, está inversamente relacionado con la cantidad de fibra presente.

Tabla 10 Coeficiente de digestibilidad del extracto libre de nitrógeno contenido en la harina de soja.

| Tratamientos | Medias | Rango |
|----------------------------|---------------|--------------|
| T2 (harina de soya al 42%) | 72,9 | A |
| T1 (harina de soya al 32%) | 69,1 | A |
| Promedio | 71 | ns |

*No significativo=ns

3.3.Determinación de la energía metabolizable

3.3.1. Energía metabolizable verdadera

La verdadera energía metabolizable (EM) utilizada en la síntesis de ATP, presente en los dos tratamientos (diferentes niveles porcentuales de harina de soya) mostraron diferencias estadísticas altamente significativas (**) según la prueba de Fisher (Tabla 11). Mediante la prueba de Tukey al 5% , se determinó que T2 (harina de soya 42%) tuvo el promedio mayor, con 2005,31 kcal/Kg, mientras que el T1 presentó un promedio de 1845,31 kcal/Kg de EM verdadera. Estos resultados sugieren que al utilizar harina de soya en un 42% en la dieta de las aves, mejora la asimilación y aprovechamiento del alimento, por parte de las aves.

Cabe considerar, que la nutrición tiene una relación directa con la EM; como así lo afirma Uculmana (70), quien menciona que la EM es un punto crítico en la formulación de dietas avícolas, ya que su nivel está relacionado directamente con el consumo de alimento, en función de ello en esta investigación se presentó una relación significativa con el coeficiente de digestibilidad de fibra, contenido de ELN, consumo de materia orgánica, coeficiente de digestibilidad del ELN, encontrados a partir de todas las tomas de muestras realizadas en el ensayo.

Los valores del EMAn reportados por diferentes autores para la soya oscilan entre 3,263 kcal/kg y 3,735 kcal/kg (71), esto debido a su alto contenido de proteína (entre 36 y 40%) y grasa total (entre 18 y 22%), estos valores están muy cercanos a la presente investigación, siendo así que el mayor aporte de EM verdadera es de 2005,31 kcal/Kg a las aves en este ensayo, ocurridos por la adición en la dieta de un 40% de harina de soya, al igual que Luz (72), quien registró valores de

digestibilidad aparente de la materia seca (DAMS) de 79,9%, mientras que los valores de energía metabolizable verdadera fue de 2731,2 Kcal/Kg.

Tabla 11 Energía metabolizable verdadera de la harina de soya.

| Tratamientos | Medias | Rango |
|----------------------------|---------------|--------------|
| T2 (harina de soya al 42%) | 2005,31 | A |
| T1 (harina de soya al 32%) | 1845,31 | B |
| Promedio | 1925,31 | ** |

CAPITULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Se determinó que en los parámetros humedad (12%), fibra (5,8%), proteína bruta (40%) y extracto libre de nitrógeno (33,4%) el T2 alcanzaron los valores más elevados del ensayo, por lo que se afirma que la harina de soya con el 42% de proteína genera la mejor composición química; mientras que en el extracto etéreo el harina con proporción de 32% de proteína generó el valor más elevado del ensayo.

Se identificó al T2 (harina de soya con 42% de proteína), como la mejor opción cuando se busca resultados elevados en cuanto a coeficiente de digestibilidad en materia seca de (77,92%); fibra cruda (87,27%); materia orgánica (8059%); digestibilidad del extracto libre de nitrógeno (72,9%), por lo que se afirma, que mientras más elevada sea la cantidad de proteína contenida en la harina, mayores será la digestibilidad de las variables antes mencionadas. Por otra parte, al trabajar la harina con un 32% de proteína, se logra estimular la digestibilidad de proteína (90,96%) y extracto etéreo (95,30%), en gallos reproductores adultos semipesados de la línea Lohmann Brown.

Se determinó que el contenido más alto de energía metabolizable verdadera (EMV), fue generado por el T2 (42% de proteína) con un valor de 2005,31 Kcal/Kg M.S; mientras que T1(32% de proteína) obtuvo 1845,31 Kcal/Kg M.S., por lo que se afirma que la energía metabolizable es proporcional al contenido de proteína presente en el alimento proporcionado.

4.2. Recomendaciones

Realizar la alimentación de las aves mediante harina de soya con el 42% de contenido de proteína y una humedad correspondiente al 12%, por sus buenos resultados presentes en este estudio.

Adicionar 42% de proteína para obtener un adecuado manejo de digestibilidad y producción alta de energía, en gallos adultos semipesados de la línea Lohmann Brown.

Realizar investigaciones sobre la influencia del procesamiento de la harina de soya en la composición química y la digestibilidad de los nutrientes, así como los factores limitantes de la soya frente a otras leguminosas.

Socializar los resultados a organismos gubernamentales encargados de los procesos investigativos avícolas, para continuar con el proceso de innovación de tecnologías en el área de alimentación aviar.

Bibliografía

1. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua-ESPAC. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua-ESPAC 2020; 2020. Recuperado de: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Presentacion%20ESPAC%202020.pdf
2. Vera R. Caracterización de la avicultura de traspatio en la zona norte de la provincia de Santa Elena, Ecuador. [Tesis]. Santa Elena: Universidad Estatal Península de Santa Elena; 2023. Recuperado de: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5663>
3. Sarobia-Fragoso J. Desarrollo sexual del macho reproductor pesado. Técnicas de manejo para mejorar la fertilidad. Sele. Avíc. 2010;2(5):21-28.
4. Salas-Durán C. Energía Metabolizable en Reproductoras Pesadas: Factores que afectan los requerimientos. Nutr. Ani. Trop. 2013;7(1):51-69.
5. Klis V., Jansman A. Energía neta en aves de corral: sus ventajas y límites. J. Aplica. Pavipollo. 2019;3(1):23-36.
6. Márquez P. Digestibilidad de nutrientes, bioquímica sanguínea y desempeño de pollos de engorde alimentados con tres fuentes de aceites esenciales. Conciencia Digit. 2022;5(4.1):60-9.
7. Lance C. Determinación de la energía metabólica usando modelos empíricos. [Internet]; 2016. [Citado 12 de octubre de 2023]. Recuperado a partir de: https://www.researchgate.net/publication/308415372_Determination_of_Metabolizable_Energy_Using_Empirical_Models
8. Global Ag Media. Energía metabolizable del sorgo y harina de soya obtenida con pollos. [Internet]; 2013. [Citado 12 de octubre de 2023]. Recuperado a partir de: <https://www.elsitioavicola.com/articles/2317/energaa-metabolizable-del-sorgo-y-harina-de-soya-obtenida-con-pollos/>.
9. Capelli A. Harina de soja y su papel en la alimentación animal. [Internet]; 2021. [Citado 12 de octubre de 2023]. Recuperado a partir de: <https://nutrinews.com/harina-de-soja-y-papel-en-la-alimentacion-animal/>
10. Zuidhof M. A review of dietary metabolizable and net energy: Uncoupling heat production and retained energy. J. Appl. Poult. 2019;28(2):231-241.

11. Wei L., Chang H., Zheng K. Estimation of the net energy requirement for maintenance in broilers. *Asian-Aust. Jour. Anim. Scie.* 2017;30(6):849-856.
12. Díaz Valdiviezo D. Determinación de la composición química de materias primas utilizadas en la alimentación en aves. [Tesis]. Riobamba-Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2022. Recuperado de: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/19159>
13. Neira-Quezada A. Análisis bromatológico de la harina de soya. [Tesis]. Machala-Ecuador: Universidad Técnica de Machala; 2021. Recuperado de: http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16978/1/E-12172_NEIRA%20QUEZADA%20ANGIE%20MISHEL.pdf
14. Larkins R. Origin, Domestication, Improvement, and Utilization of Soybean. [Internet]; 2011. [Citado 12 de octubre de 2023]. Recuperado a partir de: www.agronomy.org/publications/sssaj/2012/17/v72n1/pg85.aspx
15. Morán Caicedo I, Mejía Gonzales A, Beltrán Castro F. Industrialización del cultivo de soya. *Rev. Obser. Econ. Lat.* 2019;1(3):23-31.
16. Paredes M. Noticias de la Cooperación de GIZ. [Internet]; 2012. [Citado 12 de octubre de 2023]. Recuperado a partir de: www.giz.de/themen/printversion/34939.html
17. Neves J. Importancia de la soya en la producción de pollo. [Internet]; 2017. [Citado 12 de octubre de 2023]. Recuperado a partir de: www.repositorio.ufla.br/bitstream/123456789/26928/1/Anais_livro_ISMAEL_2017.pdf
18. Figueiredo C. La harina de soya: fuente importante de proteína en la alimentación de aves. [Internet]; 2016. [Citado 12 de octubre de 2023]. Recuperado a partir de: www.repositorio.ufla.br/bitstream/123456789/23954/1/trabalho_fi_ucr_2016.pdf
19. SAGARPA. Soya. [Internet]; 2011. [Citado 12 de octubre de 2023]. Recuperado a partir de: <https://conahcyt.mx/cibiogem/soya>.
20. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias -INIAP. Tecnología en el cultivo de soya. [Internet]; 2023. [Citado 12 de octubre de 2023]. Recuperado a partir de: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/molea/rsoya>

21. Catalogue of life. *Glycine max* (L.) Merr. [Internet]; 2023. [Citado 12 de octubre de 2023]. Recuperado a partir de: <https://www.catalogueoflife.org/data/taxon/3GF5W>
22. Gous R., Faulkner A., Swatson H. The effect of dietary energy:protein ratio, protein quality and food allocation on the efficiency of utilisation of protein by broiler chickens. *Brith. Poul. Scie.* 2018;59(1):100-109.
23. Solà D. Ficha técnica. [Internet]; 2018. [Citado 12 de octubre de 2023]. Recuperado a partir de: https://www.3tres3.com/articulos/harina-de-soja-44-48-pb_40113/
24. Mateo A, García E, Robles J. Variación en la estimación energética de la harina de soja. [Internet]; 2019 [Citado 25 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: <https://nutrinews.com/variacion-en-la-estimacion-energetica-de-la-harina-de-soja/>.
25. Rodríguez J, Braga A. Valor nutricional de las harinas de soya en el alimento de pollos. [Internet]; 2019. [Citado 25 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: www.scielo.conicyt.cl/scielo.cl/journals/jas/
26. Aguirre A, Cadena E, Muñoz R. Variabilidad de la composición química y del valor nutricional de la harina de soja. [Internet]; 2023. [Citado 25 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: https://www.3tres3.com/latam/articulos/composicion-quimica-y-valor-nutricional-de-la-harina-de-soja_12224/
27. Vallejo M. Determinación del valor de la energía metabolizable. [Tesis]. Riobamba-Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2008. Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1571/1/17T0850.pdf>
28. Barahora H. Valoración de la energía metabolizable verdadera corregida por nitrógeno de la soya (*Glycine máx*) de distintas proveniencias para aves. [Tesis]. Riobamba-Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2010. Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1190/1/17T0973.pdf>
29. Saenz P. Sacha. [Internet]; 2020. [Citado 25 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: <https://es.scribd.com/document/480712182/sacha-1-pdf>

30. Roque B. Nutrición animal. [Internet]; 2022. [Citado 25 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: <https://editorial.inudi.edu.pe/index.php/editorialinudi/catalog/download/101/144/169?inline=1>
31. López A., Medina A, Quiroz E. Evaluación De Coeficientes De Digestibilidad Y Energía Metabolizable En Alimentos Convencionales Y No Convencionales Para Pollos De Engorde. [Internet]; 2019. [Citado 25 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: [http://www.ijhssi.org/papers/vol8\(6\)/Series-3/G0806033437.pdf](http://www.ijhssi.org/papers/vol8(6)/Series-3/G0806033437.pdf)
32. Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias - IRTA. Sistemas para la valoración energética de los alimentos. [Internet]; 2001. [Citado 25 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: <https://eliasnutri.files.wordpress.com/2012/04/valoracion-energetica-2014-i-modo-de-compatibilidad.pdf>
33. Romero M. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. [Internet]; 2014. [Citado 25 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: www.univalle.edu.co/revistascientificas/index.php/rccp
34. Sakomura F., Rostagno M. Evaluación de la energía metabólica aparente de dietas con alto contenido de grasas animales para pollos de engorde. Braz. Jour. Poul. Scie. 2007;2(1):56-61.
35. Larbier S, Moscoso E, Elbit M. Factors affecting ileal digestibility of nutrients and the use of mathematical models to determine digestibility of nutrients. [Internet]; 2011. [Citado 28 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0747563211000120
36. González K. Digestibilidad de los Alimentos. [Internet]; 2022. [Citado 28 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: <https://zoovetespasion.com/nutricion-animal/digestibilidad-de-los-alimentos>
37. Moscoso J. Contenido de energía metabolizable y energía neta del maíz, subproducto de trigo, harina de soya, harina de pescado y aceite de soya para pollos de carne. [Internet]; 2020. [Citado 17 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de:

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172020000300335

38. Sauvant D., Jean-Marc P., Gilles T. Tablas de composición y de valor nutritivo de las materias primas destinadas a los animales de interés ganadero. Mundi-Prensa; 2004.
39. Díaz-Inocencio D. Manual del laboratorio de bromatología. [Tesis]. Tuxapan–México: Universidad Veracruzana; 2017. Recuperado de: <https://www.uv.mx/pozarica/cba/files/2017/09/MANUAL-DE-BROMATOLOGIA-2017.pdf>
40. Pincay E. Retención aparente de nutrientes a partir del consumo parcial de torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*), en pollos de engorde. [Tesis]. Manabí-Ecuador: Universidad Estatal del Sur de Manabí; 2020. Recuperado de: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2741>
41. Rocha E. Nutrición y manejo de animales de producción. [Internet]; 2011. [Citado 17 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: www.guanabarakoo.com.br/wp-content/uploads/2015/12/8.%20Rocha%20-%20Nutrici%C3%B3n%20y%20manejo%20de%20animales%20de%20producci%C3%B3n.pdf
42. Gálvez T. Determinación de la energía Metabolizable aparente corregida por nitrógeno (EMAn) para a ves de la harina de pescado prime mediante dos métodos. [Tesis]. Perú: Universidad Nacional Agraria la Molina; 2014. Recuperado de: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2373>
43. Medina C. Determinación del efecto de la adición de un emulsificante a base de ricinoleato de la línea Cobb 500 en el rendimiento productivo. [Tesis]. El Salvador: Universidad Científica del Sur; 2016. Recuperado de: <https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/444>
44. Hernández J. Indicadores digestibilidad y sus aplicaciones en la medición de la digestibilidad de nutrientes en animales monogástricos. [Internet]; 2014. [Citado 17 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: www.revistabovinos.com.br/index.php/rbovinos/article/view/1121.
45. Vásquez N. Nutrientes metabolizables y energía metabolizable de tres formas físicas de presentación de raciones para pollos, procesadas en la planta de

- alimentos balanceados de la facultad de Zootecnia - UNAS. [Tesis]. Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva; 2013. [Citado 17 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: <https://hdl.handle.net/20.500.14292/789>
46. Gómez G. Efecto de la suplementación de un complejo enzimático sobre la energía metabolizable aparente y metabólica de la materia seca en dietas de pollos de carne. [Tesis]. Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2014. [Citado 17 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2384>
47. Chafía A. Utilización de tres niveles de harina de Achira. [Internet]; 2013. [Citado 17 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: <https://pdfslide.tips/documents/escuela-superior-politecnica-de-materiales-y-equipos-46-a-de-campo-46-b-de.html?page=1>
48. Garcés-Román C. Suelo de Saladeros como Suplemento de Macro Minerales Adicionales a la Dieta de Psitácidos (en cautiverio). [Tesis]. Quito-Ecuador: Universidad San Francisco de Quito; 2016. [Citado 17 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/RIZZO%20MARMOLEJO%20CHRISTIAN%20RICARDO.pdf>
49. Sainz N, Baldwin J. FEDNA. [Internet]; 2023. [Citado 17 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: https://fundacionfedna.org/sites/default/files/94Cap_XII.pdf
50. Gutiérrez-Arenas D. Síntesis y caracterización de nanopartículas de fosfato dicálcico y su evaluación en pollos de engorda. [Internet]; 2015. [Citado 17 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: <http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/3441>
51. Nitzan Z., Ben-Avraham G., Zoref Z., Nir I. Growth and development of the digestive organs and some enzymes in broiler chicks after hatching. *Br. Poult. Sc.* 1991;3(2),515-523.
52. Wada L. Actors affecting the nutrient digestibility of pigs. [Internet]; 2004. [Citado 17 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: www.journalofanimalscience.org.

53. Freitas E. Ciencia Rural. [Internet]; 2003. [Citado 21 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-15892003000100017
54. Corona J. Apuntes sobre métodos de investigación. *Medisur*. 2016;14(1):81-83.
55. Carrasco-Cobos J., Cayambe-Yambay B. Diseño del Sistema del Alcantarillado Sanitario, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales con Sistema Wetland Subsuperficial Horizontal para la Parroquia San Gerardo del Cantón Guano de la Provincia de Chimborazo. [Tesis]. Riobamba-Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo; 2017. [Citado 17 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/3874>
56. Hernández Gutiérrez A. Efecto de la utilización de aceites esenciales de orégano en la dieta de pollos de engorde sobre el crecimiento alométrico del tracto gastrointestinal, glándulas anexas y parámetros productivos. [Tesis]. Bogotá-Colombia: Escuela Universidad de La Salle, Bogotá; 2009. [Citado 17 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1201&context=zootecnica>
57. Aburto G., Alejo G., Luna G. Dinámica de absorción de potasio en el cultivo de litchi *Litchi Chinensis* Sonn. *Rev. Educate Cien*. 2013;2(2):112-120.
58. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal - FEDNA. Normas FEDNA para la formulación de piensos compuestos. Segunda edición C. de Blas, G. Fundación Española Desarrollo Nutricion Animal, Madrid, Spain; 2003.
59. Garzón V. Actualización de tecnologías para la producción de soya en el Piedemonte Llanero. *Memorias Corpoica*. 1997;3(1):21-25.
60. Mateos G., Lázaro R. Soja integral en alimentación porcina. España: [sin editorial]; 2002.
61. El Granjero. Concentrados el Granjero. [Internet]; 2022. [Citado 21 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: <https://goo.gl/6IMgmC>
62. Martínez Amezcuca C., García C., Alemán D., Mendoza J., Herrera H. Digestibilidad y valor nutricional de los aminoácidos del sorgo y la soja en

- diversas formas en dietas para pollos de engorde. Arch. Lat. Prod. Anim. 1996;4(1),7-17.
63. Ortiz A. Salud intestinal. Ajuste de dietas. [Internet]; 2005. [Citado 17 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: www.engormix.com/articulo_salud_intestinal_ajuste_forumsvi9153.htm
 64. Ortiz A. Implications of using poultry feed with a high soybean content. [Internet]; 2009. [Citado 15 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: https://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/altos_niveles_soja_avicultura_ortiz_46_symp_aeca_texto.pdf
 65. Visentín A, Drago S, Osella C, De la Torre M, Sánchez H, González R. Efecto de la adición de harina de soja y concentrado proteico de suero de queso sobre la calidad del pan y la dializabilidad de minerales. Arch. Lat. Nutr. 2009;59(3):325-331.
 66. Taipe R. Valoración de la energía metabolizable verdadera corregida por nitrógeno de la soya. [Tesis]. Perú: Universidad Nacional Agraria la Molina; 2014. [Citado 17 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2377/L02-T35-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 67. Espinosa N. Evaluación, con dietas locales, del uso de cenizas insolubles en ácido. [Internet]; 2023. [Citado 15 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/browse?type=author&value=Espinosa+Coyago%2C+Nixon+Jordy>
 68. Cuibin R., Zea M., Palacios P., Norabuena M., Collazos P., Sotelo M. Determinación de la digestibilidad y energía digestible de la harina de kudzu (*Pueraria phaseoloides*) en el cuy (*Cavia porcellus*). Rev. Inv. Vet. Perú. 2020;31(4):e19020. DOI:10.15381/rivep.v31i4.19020
 69. Llangari J. Calidad nutritiva, energía metabolizable y energía neta de lactancia de la Morera, según estado fenológico en ovinos. [Tesis]. Riobamba-Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2005. [Citado 17 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1868/1/17T0696.pdf>

70. Uculmana C. Energía metabolizable y su relación con fuentes de energía en avicultura. [Internet]; 2020. [Citado 22 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: <https://actualidadavipecuaria.com/energia-metabolizable-y-su-relacion-con-fuentes-de-energia-en-avicultura/>
71. Rueda S., Giraldo A. Energía metabólica del grano de soya integral en pollos de enorde. [Internet]; 2017. [Citado 22 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: [http://vip.ucaldas.edu.co/vetzootec/index.php/site-map/articles/91-coleccion-articulos-espanol/247-energia-metabolizable-del-grano-de-soya#:~:text=La%20energ%C3%ADa%20metabolizable%20aparente%20con,Sakomura%20y%20Rostagno%20\(2007\)%3A](http://vip.ucaldas.edu.co/vetzootec/index.php/site-map/articles/91-coleccion-articulos-espanol/247-energia-metabolizable-del-grano-de-soya#:~:text=La%20energ%C3%ADa%20metabolizable%20aparente%20con,Sakomura%20y%20Rostagno%20(2007)%3A)
72. Luz A. Evaluación energética y digestibilidad del Ramio (*Boehmeria nivea*) en aves. [Tesis]. Maracaibo-Venezuela: Universidad de Zulia; 1997. [Citado 17 de septiembre 2023]. Recuperado a partir de: https://www.revfacagronluz.org.ve/v14_5/v145z005.html

ANEXOS

Anexo 1 Fotografías del ensayo.



Anexo 2 Análisis bromatológico de la soya.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA

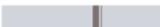
En el Laboratorio de Bromatología se realizaron ensayos de análisis proximal, obteniendo los siguientes resultados:

Muestra: Harina de Soya

| ENSAYO | RESULTADO |
|----------|-----------|
| HUMEDAD | 4.946% |
| CENIZAS | 6.230% |
| PROTEÍNA | 32.935% |
| GRASA | 40.635% |
| FIBRA | 2.772% |



BQF. Pamela Morales L
TÉCNICO DE LABORATORIO 1

| Nº | Descripciones | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales |
|----|---|-------------|--|---|
| 8 |  dSPACE.esPOCH.edu.ec http://dSPACE.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1763/1/1770783.pdf | 4% |  |  Palabras idénticas: 4% (584 palabras) |
| 9 |  dSPACE.esPOCH.edu.ec Valoración Energética de Diferentes Tipos de Maíz (zea m... http://dSPACE.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1763/3/1770783.pdf.txt | 4% |  |  Palabras idénticas: 4% (567 palabras) |
| 10 |  dSPACE.esPOCH.edu.ec Evaluación Nutritiva y Nutracéutica de la Mora de Castilla ... http://dSPACE.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3639/3/56700206.pdf.txt | 3% |  |  Palabras idénticas: 3% (412 palabras) |
| 11 |  dSPACE.esPOCH.edu.ec http://dSPACE.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1868/1/1770696.pdf | 2% |  |  Palabras idénticas: 2% (378 palabras) |
| 12 |  dSPACE.esPOCH.edu.ec Valor nutritivo de la Alfalfa (Medicago Sativa) con diferent... http://dSPACE.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4291/3/20700142.pdf.txt | 2% |  |  Palabras idénticas: 2% (355 palabras) |
| 13 |  dSPACE.esPOCH.edu.ec Evaluación fenológica y digestibilidad in vitro de la Alfalfa ... http://dSPACE.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4292/3/20700138.pdf.txt | 2% |  |  Palabras idénticas: 2% (343 palabras) |
| 14 |  dSPACE.esPOCH.edu.ec Efecto de diferentes niveles de Plukenetia volubilis L. (Sac... http://dSPACE.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4290/3/20700570.pdf.txt | 2% |  |  Palabras idénticas: 2% (289 palabras) |
| 15 |  dSPACE.esPOCH.edu.ec Utilización de Subproductos de Destilería de Alcohol (VIN... http://dSPACE.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1341/3/1770908.pdf.txt | 2% |  |  Palabras idénticas: 2% (303 palabras) |
| 16 |  dSPACE.esPOCH.edu.ec Determinación de la Composición Química y el Valor de la ... http://dSPACE.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1502/3/1770874.pdf.txt | 2% |  |  Palabras idénticas: 2% (276 palabras) |
| 17 |  dSPACE.esPOCH.edu.ec Valoración Energética de Diferentes Tipos de Soya (Glycin... http://dSPACE.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1671/3/1770829.pdf.txt | 2% |  |  Palabras idénticas: 2% (279 palabras) |
| 18 |  dSPACE.esPOCH.edu.ec http://dSPACE.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1502/1/1770874.pdf | 2% |  |  Palabras idénticas: 2% (233 palabras) |
| 19 |  dSPACE.esPOCH.edu.ec Estudio de la Calidad Nutricional de la Vermiharina de Lo... http://dSPACE.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1991/3/56700299.pdf.txt | 1% |  |  Palabras idénticas: 1% (223 palabras) |
| 20 |  dSPACE.esPOCH.edu.ec Utilización de Subproductos de Destilería de la Industria V... http://dSPACE.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1379/3/1770895.pdf.txt | 1% |  |  Palabras idénticas: 1% (182 palabras) |



Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

-  <https://nutrinews.com/harina-de-soja-y-papel-en-la-alimentacion-animal/>
-  <https://www.catalogueoflife.org/data/taxon/3GF5W>
-  <https://avinews.com/harinas-de-soja-y-su-contenido-energetico/>
-  https://dSPACE.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/27197/1/NixonJordy_EspinosaCoyago.pdf
-  https://ubblab.weebly.com/uploads/4/7/4/6/47469791/handbook_of_poultry_science_and_technology.pdf