

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECIA

ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA



TESIS

**VALORACIÓN DE LA ENERGIA METABOLIZABLE Y ENERGIA NETA DE
HARINA INTEGRAL DE SOYA, HARINA DE AVENA, HARINA DE TRIGO Y
HARINA DE CEBADA PARA POLLOS DE CARNE**

PRESENTADO POR:

Br. NILTON NOE ESPINOZA CASTRO

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO ZOOTECNISTA**

ASESORES:

- Ph.D. JUAN ELMER MOSCOSO MUÑOZ
- M.Sc. LIZ BEATRIZ CHINO VELASQUEZ
- M.Sc. MARIO ARJONA SMITH

**FINANCIADO POR: PROGRAMA
“YACHAYNINCHIS WIÑARINANPAQ”-UNSAAC**

CUSCO-PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro. CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada:.....

...*Valoración de la energía metabolizable y energía neta de harina Integral de soya, harina de avena, harina de Trigo y harina de cebada para pallos de carne*.....

presentado por: *Milton Mos Espinoza Castro* con DNI Nro.: *71827994*..... presentado

por: con DNI Nro.: para optar el título profesional/grado académico de

Ingeniero Zootecnista.....

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por *2* veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de *7*%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, *20* de *Noviembre* de 20*24*.....

Firma

Post firma *Juan Elmer Moscoso Muñoz*

Nro. de DNI *23940692*

ORCID del Asesor *0000-0001-5884-9718*

DNI: *71732710* ORCID: *0000-0002-6322-7373*
DNI: *6-708-12040210* ORCID: *0000-0002-6100-1731*

2° asesor
3° asesor
Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: **oid:** *27259:407462949*

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS OBSERVACIONES LEVANTADAS N
ILTON.pdf**

AUTOR

NILTON NOE ESPINOZA CASTRO

RECUENTO DE PALABRAS

16797 Words

RECUENTO DE CARACTERES

87999 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

81 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

1.3MB

FECHA DE ENTREGA

Nov 20, 2024 8:21 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Nov 20, 2024 8:22 AM GMT-5**● 7% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 7% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

DEDICATORIA

En primer lugar, al Dios todo poderoso, por haberme dado, salud, sabiduría, todas las bendiciones que puso en mi camino, por ser el refugio más seguro cuando la situación sobrepasa mi capacidad de lidiar.

A mí, Nilton Noe, por siempre sobreponerme, levantarme de las adversidades, por ser cada día mejor, por disfrutar de la vida, por vivir una vida plena y de manera apasionada.

A mi madre, Maximiliana Castro, por su inmenso amor infinito, por toda la dedicación que me demostró y sentir la calidez del hogar en casa.

A mi padre, Jorje Espinoza, por enseñarme que, con el suficiente esfuerzo y dedicación, ni el cielo es el límite, por ser el refugio más seguro con solo su existir.

A mi tía, Delia Castro, mi tío Elio Castro, por darme un segundo hogar en tierras ajenas, por ser ese apoyo incondicional que tuve, por ser bendición en mi vida.

A mis hermanas Nelida Sarahì y Ruth Nayda, mi hermano Ismael, por ser el motor y motivo para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

Al PhD. Juan Elmer Moscoso Muñoz, por compartir su conocimiento, su experiencia, por ser guía y acompañante a lo largo del desarrollo de este trabajo.

A la M. Sc. Liz Beatriz Chino Velasquez, por su paciencia, dedicación, confianza, tiempo que me brindo, las orientaciones en cada paso del trabajo y la experiencia de vivir como investigador.

Al Laboratorio de Nutrición Animal, por el co patrocinio del estudio.

A los amigos y amigas que la vida me obsequio en el camino, Paola Katherine, Tamia Cano, Nery Tarifa, Regina Cecibel, Berly Segura, Jhonatan Adrian y Wilberth Ascona; por su linda amistad durante esta etapa de mi vida; los llevo en el corazón.

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, por acogerme, llenarme de conocimientos, para ser un profesional de bien, por todas las vivencias maravillosas en sus aulas.

ÍNDICE GENERAL

<i>DEDICATORIA</i>	<i>iv</i>
<i>AGRADECIMIENTO</i>	<i>v</i>
<i>ÍNDICE GENERAL</i>	<i>vi</i>
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i>	<i>ix</i>
<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i>	<i>xii</i>
<i>GLOSARIO</i>	<i>xiii</i>
<i>RESUMEN</i>	<i>xiv</i>
<i>CAPÍTULO I</i>	<i>1</i>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	<i>1</i>
<i>CAPÍTULO II</i>	<i>2</i>
<i>OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN</i>	<i>2</i>
<i>2.1. Objetivos</i>	<i>2</i>
<i>2.1.1. Objetivos Generales</i>	<i>2</i>
<i>2.1.2. Objetivos Específicos</i>	<i>2</i>
<i>2.2. Justificación</i>	<i>2</i>
<i>CAPÍTULO III</i>	<i>5</i>
<i>MARCO TEÓRICO</i>	<i>5</i>
<i>3.1. Antecedentes</i>	<i>5</i>
<i>3.2. Bases Teóricas</i>	<i>8</i>
<i>3.2.1. Valoración Energética de los Alimentos</i>	<i>8</i>
<i>3.2.2. Harina integral de soya</i>	<i>11</i>
<i>3.2.3. Harina de avena</i>	<i>11</i>
<i>3.2.4. Harina de trigo</i>	<i>11</i>
<i>3.2.5. Harina de cebada</i>	<i>12</i>

3.2.6. <i>Requerimiento Nutricional en Aves de Carne</i>	12
3.2.7. <i>Requerimiento de Energía en Aves de Carne</i>	15
3.2.8. <i>Partición de la energía en aves</i>	16
3.2.9. <i>Métodos para calcular la energía neta en pollos</i>	19
3.2.10. <i>Método del sacrificio comparativo</i>	20
CAPÍTULO IV	23
MATERIALES Y MÉTODOS	23
4.1. <i>Lugar de Estudio</i>	23
4.1.1. <i>Animales e Instalaciones</i>	24
4.1.2. <i>Tratamientos</i>	24
4.2. <i>Materiales y Equipo</i>	26
4.2.1. <i>Material de campo</i>	26
4.2.2. <i>Material de laboratorio</i>	27
4.2.3. <i>Equipos de laboratorio</i>	27
4.3. <i>Etapas del estudio</i>	28
4.3.1. <i>Etapa Pre Experimental</i>	28
4.3.2. <i>Etapa Experimental</i>	29
4.4. <i>Determinación de Energía Metabolizable y Energía Neta</i>	33
4.4.1. <i>Energía Metabolizable de las Dietas</i>	33
4.4.2. <i>Energía Metabolizable de los Ingredientes</i>	33
4.4.3. <i>Energía Neta de las Dietas e Ingredientes</i>	34
4.5. <i>Análisis Estadístico</i>	37
CAPÍTULO V	38
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
5.1. <i>Valoración energética de las dietas</i>	38

<i>5.2. Valoración energética de los ingredientes</i>	41
<i>CAPÍTULO VI</i>	44
<i>CONCLUSIONES</i>	44
<i>RECOMENDACIONES</i>	45
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	46
<i>ANEXOS</i>	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	
<i>Valor energético de algunos insumos utilizados en la alimentación de aves</i>	10
Tabla 2:	
<i>Recomendaciones de requerimiento nutricional del pollo de engorde</i>	14
Tabla 3:	
<i>Dieta control (base fresca)</i>	25
Tabla 4:	
<i>Niveles de inclusión de ingredientes en evaluación</i>	25
Tabla 5:	
<i>Contenido nutricional teórico (base seca)</i>	26
Tabla 6:	
<i>Análisis químico de insumos y dietas (base seca)</i>	32
Tabla 7:	
<i>Valoración de energía metabolizable y energía neta de dietas (base seca)</i>	40
Tabla 8:	
<i>Valoración de energía metabolizable y energía neta de los insumos (base seca)</i>	42
Tabla 9:	
<i>Análisis de Varianza de energía bruta de las dietas</i>	57
Tabla 10:	
<i>Comparación de medias de energía bruta de las dietas utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %</i>	57
Tabla 11:	
<i>Análisis de Varianza de energía metabolizable de las dietas</i>	58
Tabla 12:	
<i>Comparación de medias de energía metabolizable de las dietas utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %</i>	58
Tabla 13:	
<i>Análisis de Varianza de energía neta de las dietas</i>	59
Tabla 14:	
<i>Comparación de medias de energía neta de las dietas utilizando el método de Tukey y una</i>	

<i>confianza de 95 %</i>	59
Tabla 15:	
<i>Análisis de Varianza de relación de energía metabolizable y energía bruta de las dietas</i>	60
Tabla 16:	
<i>Comparación de medias de la relación de energía metabolizable y energía bruta de las dietas utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %</i>	60
Tabla 17:	
<i>Análisis de Varianza de relación de energía neta y energía metabolizable de las dietas</i>	61
Tabla 18:	
<i>Comparación de medias de la relación de energía neta y energía metabolizable de las dietas utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %</i>	61
Tabla 19:	
<i>Análisis de Varianza de la relación de energía neta y energía bruta de las dietas</i>	62
Tabla 20:	
<i>Comparación de medias de la relación de energía neta y energía metabolizable de las dietas utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %</i>	62
Tabla 21:	
<i>Análisis de Varianza de la energía bruta de ingredientes</i>	63
Tabla 22:	
<i>Comparación de medias de energía bruta de ingredientes utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %</i>	63
Tabla 23:	
<i>Análisis de Varianza energía metabolizable de los ingredientes</i>	64
Tabla 24:	
<i>Comparación de medias de energía metabolizable de los ingredientes utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %</i>	64
Tabla 25:	
<i>Análisis de Varianza de energía neta de los ingredientes</i>	65
Tabla 26:	
<i>Comparación de medias de energía neta de los ingredientes utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %</i>	65

Tabla 27:	
<i>Análisis de Varianza de la relación de energía metabolizable y energía bruta de los ingredientes</i>	
.....	66
Tabla 28:	
<i>Comparación de medias de la relación de energía metabolizable y energía bruta de los ingredientes utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %</i>	
.....	66
Tabla 29:	
<i>Análisis de Varianza de relación de la energía neta y la energía metabolizable de los ingredientes</i>	
.....	67
Tabla 30:	
<i>Comparación de medias de la relación de energía neta y energía metabolizable de los ingredientes utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %</i>	
.....	67
Tabla 31:	
<i>Análisis de Varianza de la relación de energía neta y energía bruta de los ingredientes</i>	
.....	68
Tabla 32:	
<i>Comparación de medias de energía neta y energía metabolizable de los ingredientes utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %</i>	
.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	
<i>Esquema de la partición de energía en aves</i>	<i>22</i>
Figura 2:	
<i>Ubicación.....</i>	<i>23</i>
Figura 3:	
<i>Jaulas metabólicas empleadas.....</i>	<i>69</i>

GLOSARIO

EB: Energía bruta

EM: Energía metabolizable

EMA: Energía metabolizable aparente

EMAn: Energía metabolizable aparente corregida por nitrógeno

EN: Energía neta

ER: Energía retenida

HIS: Harina integral de soya

HT: Harina de trigo

HA: Harina de avena

HC: Harina de cebada

MS: Materia seca

RESUMEN

Se desarrolló un estudio para determinar energía metabolizable (EM) y energía neta (EN) de las dietas con porcentajes de sustitución e ingredientes; dietas: dieta basal (T1), dieta basal + 30 % harina integral de soya (T2), dieta basal + 40 % harina de trigo (T3), dieta basal + 40 % harina de avena (T4) y dieta basal + 40 % harina de cebada (T5); ingredientes: harina integral de soya (HIS), harina de trigo (HT), harina de avena (HA) y harina de cebada (HC). Se empleó 70 pollos machos línea Cobb 500 de un día de edad, de los cuales 10 pollos se destinaron para hallar la ER a los 7 días y los 60 restantes se emplearon para el estudio los cuales estaban distribuidos en un tratamiento basal y cuatro tratamientos de prueba, todos los tratamientos con tres repeticiones y cuatro animales por repetición y para el análisis estadístico se empleó el diseño de bloques completamente al azar (DBCA). La EM se determinó empleando el método colección total de excretas, el periodo de prueba se desarrolló del día 7 al día 21 y la colección de excretas los tres últimos días (19 al 21) cada 24 horas y para la EN se usó el método de sacrificio comparativo; determinando la energía retenida (ER) el día siete y 21. Los valores hallados para T1, T2, T3, T4 y T5 respecto a EM: 3 381; 3 648; 3 173; 3 208 y 3 174 kcal/kg MS respectivamente; EN: 2 506; 2 539; 2 409; 2 070 y 2 302 kcal/kg MS respectivamente y los valores hallados para HIS, HT, HA y HC respecto a EM: 4 269; 2 861; 2 949 y 2 863 kcal/kg MS respectivamente; EN: 2 616; 2 264; 1 416 y 1 997 kcal/kg MS respectivamente, concluyendo que la dieta basal+ harina integral y la propia harina integral de soya tiene mayor contenido energético tanto en EM y EN a comparación del resto de las dietas e insumos estudiados.

Palabras clave: Energía metabolizable, energía neta, energía retenida y harina.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La producción avícola sigue creciendo e industrializándose en muchas partes del mundo a raíz de la mayor demanda de la carne de ave, a causa del crecimiento poblacional, el incremento de la capacidad adquisitiva y la urbanización (FAO, 2021).

Lo que se espera de la producción de aves en el mundo es desafiante; después de la gigantesca perturbación en 2020 debido al SARS-CoV-2, la crisis energética y de fertilizantes del 2022, las producciones avícolas afrontan retos adicionales; los efectos se reflejaron en el precio de la carne de ave, debido a la alta dependencia del servicio de alimentos para la producción (Dirk, 2020; ONU, 2022), dado que la alimentación, representa el 60 al 75 % del costo total de producción y un 13 % corresponde a la adquisición de pollos como insumos para iniciar el proceso de engorde de aves (Orosco *et al.*, 2004); el trigo, avena y cebada representan una alternativa posible para el aporte energético. Es imprescindible entender la nutrición, la energía metabolizable (EM) es la medida estándar de energía utilizada para describir las necesidades energéticas de las aves de corral; existe un debate considerable sobre la exactitud, precisión y utilidad de los valores de EM de las dietas y los ingredientes (López y Leeson, 2008), mientras que el sistema de energía neta (EN) representa la cantidad real disponible de energía del alimento para el mantenimiento y la producción corporal (Noblet, 2013). Razón por la cual se desarrolló este estudio, con el propósito de determinar el aporte energético de la harina integral de soya, harina de avena, harina de trigo y harina de cebada para pollos de carne en términos de EM y EN, debido a que se cuenta con información limitada; ya que la producción animal es de las más importantes dentro de la cadena de alimentación humana; a la vez, el manejo de los animales, se debe regir a un estricto plan de alimentación que maximice la rentabilidad si ese el propósito del avicultor (Franco, 2017).

CAPÍTULO II

OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1. Objetivos

2.1.1. *Objetivos Generales*

Determinar el contenido de la energía metabolizable y energía neta en dietas e ingredientes (harina integral de soya, harina de avena, harina de trigo y harina de cebada) para pollos.

2.1.2. *Objetivos Específicos*

- Determinar el valor del contenido de la energía metabolizable y energía neta de la dieta basal, basal + harina integral de soya, dieta basal + harina de trigo, + dieta basal + harina de avena y basal + harina de cebada empleadas para pollos.
- Determinar el valor del contenido de la energía metabolizable y energía neta de los ingredientes (harina integral de soya, harina de trigo, harina de avena y harina de cebada) para pollos.

2.2. Justificación

Dado a la actual crisis energética y de fertilizantes, los costos de producción de los alimentos se incrementan de precio y un bajo rendimiento en la producción; la alimentación es un derecho fundamental, mas no de lujo, pero la situación actual, amenaza en convertirse en una catástrofe alimentaria mundial (ONU, 2022). La organización para la agricultura y la alimentación (FAO) advierte que la producción de cereales para el 2022 tuvo un descenso de hasta 2 % interanual y en comparación al 2021 tuvo una disminución de 3,1 % y los granos de soya para Perú entre enero y agosto del 2022 aumentó considerablemente al igual el valor que pagó por ello (FAO, 2022; Ramos, 2022).

El incremento de la producción, los altos costos y el aumento de la importación de los principales insumos en la producción avícola, representan retos en la avicultura, dado a que se

espera que el consumo de carne y huevos de aves de corral estén en incremento, se espera que mantenga la tendencia, esto implica la demanda mayor de los insumos alimenticios y la búsqueda de nuevos ingredientes para las aves de corral con el fin de respaldar la producción intensiva o familiar sostenible; con dicho fin se están realizando investigaciones para una producción de manera eficiente y nuevas fuentes alternas de insumos alimenticios que puedan reemplazar parcialmente o total a los insumos ya conocidos en la alimentación de aves (Józefiak *et al.*, 2016); algunos cereales como la cebada, trigo y avena representan un potencial reemplazo al maíz en cuanto al aporte energético (Gallardo, 2007) .

La alimentación representa el 60 a 75 %, del costo total de producción de aves y cerdos, la energía representa al menos el 60 a 70 % del costo del alimento (Barzegar *et al.*, 2019; Noblet *et al.*, 2022); por lo tanto, se necesitan estimaciones precisas de la cantidad real disponible de energía de los alimentos para cumplir con los requisitos de nutrientes y los objetivos de rendimiento con una eficiencia óptima (Barzegar *et al.*, 2019a; Van Der Klis y Fledderus, 2007).

En la nutrición se estima la energía utilizada por los animales empleando el sistema de EM, el sistema de EN es empleada exitosamente en bovinos y cerdos, mas no en la formulación de dietas para aves, ya que se emplea el sistema de energía metabolizable aparente corregida por nitrógeno EMAn, pero se muestra un interés para el uso de EN en la formulación de dietas para aves de corral (Van Der Klis y Jansman, 2019; Barzegar *et al.*, 2019b); los sistemas empleados para la evaluación de energía presentan limitaciones, como el sistema de EM está condicionada por la especie, edad y cantidad de consumo de alimentos (Barzegar *et al.*, 2019). El sistema de energía metabolizable aparente (EMA) se considera el método de opción, pero carece de la capacidad para distinguir la energía utilizada para diferentes funciones corporales, mientras que el sistema de EN proporciona la representación más precisa de energía para fines productivos

(Barzegar et al., 2019).

Por todas estas razones surgió la necesidad de realizar estudios en busca de nuevas fuentes energéticas no tradicionales de producción local y las tradicionales que se emplean, determinar su valor energético y enriquecer la limitada información existente respecto a los aportes energéticos.

La producción de pollos de carne en las diferentes ciudades del Perú enfrenta las mismas complicaciones, la dependencia de importar insumos y aplicar los métodos imprecisos para la formulación de los alimentos.

Los efectos repercuten en la salud ambiental y altos costos de alimentación en los pollos, al no tener información precisa, no se tiene conocimiento si la eficiencia de la utilización de los insumos por el animal es óptimas o desperdiciadas.

El aporte de este estudio es contribuir con información sobre el aporte de energía metabolizable y energía neta de la harina integral de soya, harina de avena, harina de trigo y cebada, en pollos de carne.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes

Rueda & Giraldo (2018) evaluaron el efecto de tres procesos térmicos aplicados al grano de soya integral (GSI) sobre la composición química, esto se determinó midiendo EMA y energía metabolizable aparente corregida por el balance de nitrógeno (EMAn); emplearon cinco dietas: una dieta de referencia o basal (DR) y cuatro dietas en las que se empleó el GSI crudo, cocido, tostado y extruido, los resultados de este estudio dieron el valor de la EMA de GSI crudo, cocido, tostado y extruido; 2 775; 3 759; 3 887 y 3 886 kcal/kg MS y los valores de EMAn para GSI crudo, cocido, tostado y extruido 2 552; 3 469; 3 583 y 3 600 kcal/kg MS.

Los valores energéticos para la avena según, FEDNA (2019) son bajos 2 200 kcal/kg, pero el contenido de fibra es alto 12,8 %, el contenido de grasa es de 4,9 % y la proteína va desde 9 % hasta 14 %, el grano de avena cuando se somete a descascarillado por medios mecánicos o son de la variedad desnuda el contenido de fibra disminuye hasta 3,4 % y el contenido de energía es mayor 3 250 kcal/kg, incluso superior al grano de maíz 3 150 kcal/kg, el contenido EMAn para pollitos menores de 10 días es de 2 200 kcal/kg, para aves adultas broilers y ponedoras, 2 400 kcal/kg.

Scholey *et al.*, (2020) trabajaron agregando avena descascarillada con diferentes porcentajes de cáscara como fuente de fibra para determinar el efecto de variación de los niveles de inclusión de fibra en el rendimiento productivo, digestibilidad de aminoácido, EMAn, desarrollo del intestino en pollos machos y si la inclusión de fibra en la dieta se podría considerar económicamente viable; en la que se sustituyó el trigo de la dieta con avena descascarillada con las siguientes inclusiones de cascarilla de avena; dieta control, 30 % avena descascarillada, 30 % avena descascarillada y 7 % cascarilla de avena, 30 % avena descascarillado y 17 % cascarilla de avena, 30 % avena descascarillada y 27 % cascarilla de avena; los valores determinados para

EMAn son: 2 957; 3 110; 2 998; 2 737 y 2 508 kcal/kg respectivamente; la inclusión de cascarilla de avena no tuvo efectos perjudiciales en el peso de las aves, pero la inclusión de 27 % de cascarilla repercutió perjudicialmente en el consumo a causa de llenado del intestino con fibra, lo mismo ocurrió con la EMAn y el desarrollo longitudinal del intestino era mayor al igual que la molleja y se puede atribuir a ello la mejor absorción de aminoácidos; a partir del estudio se determinaron un punto medio donde la inclusión de cascarilla en un nivel más bajo de inclusión 3 %, el cual no altera el consumo y a la vez mejora la digestibilidad aparte de ello es viable económicamente la inclusión .

De igual manera se hicieron estudios de valoración energética de diferentes insumos entre ellos el trigo y subproducto de trigo, donde, Lasek *et al.* (2020), se plantearon estudiar el efecto de los nutrientes de granos de trigo y maíz sobre el balance de nitrógeno y el contenido de EMAn para pollos de carne, para dicho estudio se emplearon 90 pollos Ross 308 de la edad de 42 a 49 días, lo que se pudo observar es la diferencia en su contenido de hidratos de carbono fibroso y no fibroso, la digestibilidad de nutrientes, en cuanto a EMAn también hubo diferencias ($P < 0,05$) y dando un valor promedio de 3 535 y 3 702 kcal/kg para granos de trigo y maíz respectivamente.

Gheisari *et al.* (2018), desarrollaron un estudio para evaluar los efectos de la xilanasa de origen bacteriano o fúngico en la utilización de la energía de la idea en pollos teniendo como dietas basales maíz y trigo, teniendo seis tratamientos dietéticos totales, a cuatro de ellos se les añadió xilanasa; dando como resultado mejor ganancia de peso y mayor consumo de alimentos las dietas en base trigo a diferencia de las dietas a base de maíz; obteniendo un valor de 3 033 y 3 081 kcal/kg de EMAn para maíz y trigo.

Moscoso *et al.* (2020) determinaron el contenido de EM y EN de diferentes ingredientes como: maíz, aceite de soya, harina de pescado, harina de soya y subproducto de trigo; utilizaron

190 pollos en seis dietas experimentales, una dieta control o basal, 60 % basal y 40 % maíz, 60 % basal y 40 % subproducto de trigo, 70 % basal y 30 % harina de soya, 70 % basal y 30 % harina de pescado, 90 % basal y 10 % aceite de soya; con diferentes niveles de suministro de alimento (ad libitum, 85 % ad libitum y 70 % ad libitum), los resultados para energía metabolizable corregida por nitrógeno (EMn) de maíz 3 734 kcal/kg, subproducto de trigo 2 197 kcal/kg, harina de soya 2 477 kcal/kg, harina de pescado 3 289 kcal/kg y aceite de soya 8 767 kcal/kg y los valores para EN de maíz 2 527 kcal/kg, subproducto de trigo 1 598 kcal/kg, harina de soya 1 417 kcal/kg, harina de pescado 1 837 kcal/kg y aceite de soya 7 550 kcal/kg, la relación entre EN: EM de aceite de soya es superior al resto de los ingredientes.

Respecto a la valoración energética de la cebada desarrollado por Khodosovskiy *et al.* (1999) quienes hallaron el valor de EM de 24 muestras de cebada y 12 muestras de trigo, los cuales son empleados en la alimentación en la producción avícola en Bielorrusia; obteniendo valores promedio de 2 458 y 2 719 kcal/kg para la cebada y trigo respectivamente. De igual manera Wang *et al.*, (2017) realizaron estudios en el que buscaban definir las fuentes de variación energética encontradas entre 19 muestras de cebadas de distintas procedencias y establecer un método adecuado para predecir la energía digestible (ED) y EM; para el cual emplearon 57 porcinos machos castrados; determinando un valor promedio energético para ED y EM de 3 511 y 3 439 kcal/kg MS respectivamente.

Del mismo modo Varela *et al.* (1967) determinaron el valor nutritivo, valor energético metabolizable, valor energético neto y digestibilidad proteica, orgánica, grasa, fibra bruta y materias extractivas libre de nitrógeno del maíz, sorgo y cebada; en busca de una dieta más económica para cerdos, para lo cual emplearon nueve experimentos utilizando dos lotes de cuatro cerdos machos castrados cada uno; se elaboraron tres dietas, una dieta basal en el cual los cereales

representaban el 80 %, harina de carne 17 % y 3 % de correctores (harina de carne); en la dieta A, los cereales tenían el mismo porcentaje, junto con 7 % de harina de carne, 10 % harina de semilla de algodón y los correctores (minerales y vitamínicos); en la dieta B se repite el porcentaje de los cereales, un 17 % de harina de semilla de algodón y el 3 % de correctores (minerales y vitamínico, los resultados para EM de los cereales en las diferentes dietas fueron: dieta basal 3 617; 3 236; 3 034 kcal/kg; dieta A: 3 312; 3 161; 2 989 kcal/kg; dieta B: 3 207; 3 036; 3 039 kcal/kg, maíz, sorgo y cebada y el valor de EN de los cereales en las diferentes dietas fue: dieta basal 2 617; 2 236; 2 034 kcal/kg; dieta A, 2 312; 2 161; 1 989 kcal/kg; dieta B, 2 027; 2 036; 2 039 kcal/kg, maíz, sorgo y cebada.

Bolarinwa & Adeola (2012) determinaron el valor de la energía que proporciona el trigo, cebada y dos granos de destilería secos de trigo con solubles para pollos de carne Ross 708, se trabajó en dos experimentos y cada uno con 320 aves desde el día 15 hasta el día 22, la finalidad del estudio fue determinar la energía digestible ileal, EM y EMn empleando el método de regresión; los valores de ED ileal, EM y EMn para trigo fueron: 3 413; 3 713; y 3 372 kcal/kg MS respectivamente y para la cebada respectivamente: 2 364; 2 894; 2 841 kcal/kg MS.

3.2. Bases Teóricas

3.2.1. Valoración Energética de los Alimentos

Los cereales como maíz, trigo, sorgo, entre otros, son fuente primordial de energía en las dietas para pollos, los carbohidratos en los granos de cereales en su mayoría están como almidones, los cuales son fácilmente digeridos y conforman la mayor fuente de energía, pero también se tiene la presencia de fibra, y oligosacáridos como la estaquiosa y rafinosa que contribuyen poco o nada y algunos afectan negativamente los procesos digestivos cuando están presentes en cantidades elevadas en la dieta (NRC, 1994).

Para la formulación de dietas es imprescindible conocer la composición química de cada ingrediente usado para poder balancear correctamente una dieta según a los requerimientos del animal; por ejemplo, los cereales son usados principalmente para suplir la energía y en segundo término, para proporcionar proteína (Cuca, 1963).

La energía de los alimentos es utilizada en tres etapas, la primera consiste en que grandes moléculas del alimento sean fragmentadas en unidades más pequeñas, proteínas en aminoácidos, polisacáridos en azúcares simples, y grasas en glicerol y ácidos grasos; estos productos son absorbidos por las células intestinales y distribuidos por todo el cuerpo (etapa de preparación, no se captura energía útil en esta fase); en la segunda etapa, estas moléculas se degradan a unas pocas unidades simples que juegan un papel central en el metabolismo, la mayoría de los azúcares, ácidos grasos, glicerol y varios aminoácidos se convierten en acetil CoA (se genera algo de ATP, pero la cantidad es pequeña); en la tercera etapa, el ATP se produce a partir de la oxidación completa del acetil CoA, esta etapa consiste en el ciclo del ácido cítrico y la fosforilación oxidativa (Murray *et al*, 2010); de esta manera, a través de todos estos procesos químicos que se desarrollan en los organismos vivos (a nivel celular), el material nutritivo es utilizado para la formación de tejidos (anabolismo), o las moléculas complejas son degradadas en sustancias simples durante las funciones que el organismo desarrolla (catabolismo), permitiendo la liberación de energía (Garrido *et al*, 2009), por lo tanto, los desbalances nutricionales de aminoácidos implican el catabolismo de los mismos, funcionando en este caso como aporte de energía para las dietas; esta función no es recomendable para los aminoácidos debido a su alto costo como fuente de energía; de esta manera las dietas de aves deben ofrecer un nivel proteico que minimice el uso de aminoácidos como fuente de energía (Bertechini, 2012); en la tabla 1 se muestra los valores energéticos de algunos cereales comúnmente empleados en las dietas.

Tabla 1:*Valor energético de algunos insumos utilizados en la alimentación de aves*

Insumos alimenticios	Brasileñas-Rostagno		FEDNA- Blas	Europeas- Janssen	INRA-Sauvant	Holandesas- CVB
	Energía Metaboliza ble kcal/kg	Energía Neta kcal/gr	Energía Metaboliz able kcal/kg	Energía Metabolizable kcal/kg	Energía Metabolizable kcal/kg	Energía Metabolizable kcal/kg
Avena grano	2 976	2 393	2 400	2 939	2 770	2 374
Cebada grano	2 701	-	2 785	3 107	2 627	2 655
Centeno grano	2 870	2 289	2 730	2 868	2 746	-
Girasol harina	1 795	1 397	1 420	-	-	-
Maíz grano	3 264	2 629	3 250	3 788	3 582	3 226
Soya harina 44% PB	2 120	1 629	2 240	-	-	2 087
Soya integral extruida	3 393	2 804	3 410	-	3 439	-
Soya integral tostada	3 240	2 680	3 320	3 644	3 367	3 126
Trigo grano	3 039	2 423	3 155	3 525	2 985	2 978
Trigo harina	3 503	2 797	-	3 358	2 937	2 644

Fuente: (Rostagno et al., 2017), (Blas et al., 2021), (Janssen, W. M. M. A., 1989), (Sauvant, et al 2004) y (Centraal Veevoederbureau (CVB), 2018), PB: proteína bruta.

3.2.2. Harina integral de soya

Se le denomina soya integral cuando ya sea el frijol o la harina, pasa por un tratamiento térmico, el cual mejora en la digestibilidad porque inhibe algunos componentes anti nutricionales (NTC, 2002); el cual tiene un valor que fluctúa entre 2 120 y 2 450 kcal/ EMAn (Oviedo, 2023) la consideración en la formulación de la dieta animal, hace de la soya un excelente aportante de energía, aminoácidos y ácidos grasos esenciales (Albarracin, 2006).

3.2.3. Harina de avena

La avena es un cereal de valor energético que se sitúa entre 1 160 a 2 200 kcal/kg de EM, esto debido al poco contenido de hidratos de carbono a comparación del maíz, trigo y cebada, ya que la avena pondera en su contenido de fibra y lignina (Bertsch, 2019; Dale y Batal, 2009), más en su presentación descascarillada cabe la posibilidad de emplear hasta en 60 % en la formulación de dietas para aves de postura en reemplazo de harina de soya o maíz (Jacob, 2022), como alimento para animales se puede decir que la avena es una fuente de proteína de bajo costo a comparación de otras y el aporte lipídico es en forma de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados (los cuales se encuentran en el endospermo, parte interna de la planta), consideradas como grasa saludable, el aporte micronutrientes son los siguientes: contenido en hierro alto, magnesio, zinc, fósforo, tiamina (vitamina B1), vitamina B6 y folatos, además de ser fuente de potasio y vitamina E (Gómez *et al.*, 2017).

3.2.4. Harina de trigo

El trigo tiene su origen en la cuna de la antigua civilización (Mesopotamia), posteriormente trabajado por los egipcios, se propago el cultivo de este cereal a los cuatro continentes como base fundamental para la alimentación del ser humano hasta tiempos actuales, el trigo de menor calidad se emplea en la industria cervecera o alimento para animales (Ramos, 2013). Es uno de los cereales

más abundantes, disponible para la alimentación humana y animal, teniendo un aporte proteico similar a la cebada, pero superior al maíz y arroz, el trigo tiene un déficit de lisina y grasa; en cambio, tiene un considerable valor de EM con 3 000 a 3 500 kcal/kg, el cual hace ideal como fuente de energía para la alimentación animal (Cuéllar, 2021; Serna-Saldivar, 2010).

Aporta vitaminas del grupo B y vitamina E (contenida en el germen de trigo), el aporte de minerales incluye zinc, selenio, yodo, potasio y pequeñas cantidades de magnesio, hierro, calcio y sodio (Serna-Saldivar, 2010). En temporadas donde el maíz es insuficiente en Europa, Canadá y Australia, es sabido que en la avicultura emplean de manera común el trigo, se debe considerar que el trigo tiene más cantidad de proteína cruda y aminoácidos como lisina y triptófano, pero menos energía comparado con el maíz, además, el trigo contiene menor cantidad de Vitamina A y biotina comparado con el maíz (Cuéllar, 2021).

3.2.5. *Harina de cebada*

La cebada se puede considerar para incluir en las dietas de aves de corral como fuente energética (Jacob & Pescatore, 2012); su aporte energético es de 2 500 kcal/kg; debido a que tiene un alto contenido de fibra y algunos factores anti nutricionales, tiene un buen contenido de hidratos de carbono, como el trigo y el maíz, pero los niveles de aporte energético son menores a comparación de los dos cereales mencionados (Bertsch, 2019). El aporte proteico que tiene la cebada es al igual que el trigo y superior al maíz, la proteína varía desde 9 al 13 % se considera que la cebada es uno de los aportantes principales de vitaminas del grupo B (tiamina, riboflavina, piridoxina, ácido pantoténico) y de niacina (Bertsch, 2019).

3.2.6. *Requerimiento Nutricional en Aves de Carne*

El factor que determina el valor nutritivo de un insumo es su contenido de energía neta, la energía metabolizable es parte de la energía digestible que queda disponible para cubrir las

necesidades o funciones metabólicas del animal, siendo la diferencia entre la energía digestible y las calorías perdidas por la orina y gases intestinales (Freire y Berrones, 2008).

Al realizar la formulación de un alimento balanceado se debe tomar en cuenta ciertos criterios importantes como los requerimientos de proteína, para lo cual es imprescindible determinar el contenido energético, ya que con esa información se debe establecer la relación apropiada de proteína-energía en la dieta de los pollos (Leeso & Summers, 2001), las necesidades proteicas de los pollos son bastante restringidos, siempre y cuando se tomen en cuenta las sugerencias respecto a las porciones de aminoácidos que se muestra en la tabla 2, no presentaran problemas en la producción, las porciones de proteína bruta según etapa es: inicio 20,5 % y desde el día 21 es 17,5 % (FEDNA, 2008).

Tabla 2:
Recomendaciones de requerimiento nutricional del pollo de engorde

		FEDNA				Brasileñas-Rostagno				COBB 500				ROSS 308			
		Pre Inicio	Inicio	Crecimiento	Acabado	Pre Inicio	Inicio	Crecimiento	Acabado	Pre Inicio	Inicio	Crecimiento	Acabado	Pre Inicio	Inicio	Crecimiento	Acabado
Edad	Días	O a 7	O a 15	16 a 37	38 a 44	O a 7	O a 15	16 a 37	38 a 44	O a 7	O a 15	16 a 37	38 a 44	O a 7	O a 15	16 a 37	38 a 44
EMA	Kcal/kg	3 000	>3 000	>3 140	>3 170	2 950	3 000	3 100	3 150	2 975	3 025	3 100	3 150	3 000	3 100	3 200	3 200
Ácido linoleico	%	1,50	0,50	0,50	0,40	1,081	1,058	1,039	1,011	1,00	1,00	1,00	1,00	1,25	1,20	1,00	1,00
Proteína bruta	%	21,8	21,0	19,7	18,2	22,04	20,79	19,41	18,03	21-22	19-20	18-19	17-18	23,0	21,5	19,5	18,3
Lisina total	%	1,38	1,32	1,20	1,07	1,330	1,146	1,073	1,017	-	-	-	-	1,44	1,29	1,15	1,08
Lisina digestible	%	1,27	1,19	1,06	0,91	-	-	-	-	1,22	1,12	1,02	0,97	1,28	1,15	1,02	0,96
Metionina total	%	0,51	0,49	0,45	0,40	0,519	0,447	0,429	0,407					0,56	0,51	0,47	0,44
Metionina digestible	%	0,47	0,45	0,41	0,35	-	-	-	-	-	-	-	-	0,51	0,47	0,43	0,40
Metionina +cisteína total	%	1,01	0,97	0,90	0,79	0,944	0,814	0,773	0,732	0,91	0,85	0,80	0,76	1,08	0,99	0,90	0,85
Triptófano total	%	0,23	0,22	0,21	0,18	0,213	0,183	0,182	0,173	0,20	0,18	0,18	0,17	0,23	0,21	0,18	0,17
Calcio	%	1,0	0,95	0,90	0,86	0,939	0,884	0,824	0,763	0,90	0,84	0,76	0,76	0,96	0,87	0,78	0,75
Fósforo disp.	%	0,45	0,45	0,43	0,38	0,470	0,442	0,411	0,380	0,45	0,42	0,38	0,38	0,480	0,435	0,390	0,375
Sodio	%	0,25	0,20	0,18	0,16	0,223	0,214	0,205	0,194	0,16-0,23	0,16-0,23	0,16-0,23	0,16-0,23	0,16-0,23	0,16-0,23	0,16-0,20	0,16-0,20
Sal	%	0,35	0,30	0,25	0,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Potasio	%	0,51	0,50	0,46	0,40	0,593	0,588	0,590	0,584	0,60-0,95	0,60-0,95	0,60-0,95	0,60-0,95	0,40-1,00	0,40-0,90	0,40-0,90	0,40-0,90
Colina total	g/kg	1,34	1,25	1,2	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	1,7	1,6	1,5	1,45

Fuente: (FEDNA, 2008), (Rostagno *et al.*, 2017), (Cobb Vantress , 2018) y (Aviagen, 2014); EMA: energía metabolizable aparente.

3.2.7. Requerimiento de Energía en Aves de Carne

Murarolli (2007) afirma que la energía no es un nutriente, la energía es la resultante de los procesos metabólicos de los componentes químicos que constituyen los alimentos, la cual es empleada para cumplir los cometidos de metabolismo y todo el funcionamiento del organismo de un ser vivo; para entender cómo se emplea la energía se muestra la partición de la energía en aves en la figura 1; la determinar el valor energético de los alimentos es imprescindible para formular dietas para pollos, los pollos tienen la capacidad de consumir alimento para saldar sus necesidades energéticas, razón por la cual los alimentos con sus diferentes aportes nutricionales que son utilizados para elaborar dietas, se debe emplear en consideración a su valor energético, caso contrario, los resultados pueden ser el desperdicio o una productividad no deseada (Zamora, 2006).

Las estimaciones del valor energético de dietas para pollos se suelen evaluar utilizando la EM corregida por nitrógeno; no obstante, el cálculo más preciso del contenido energético real debe basarse en su contenido energético neto, el cual toma en consideración las distintas formas de utilización de la energía (Yaghobfar, 2016).

Las exigencias energéticas para EM en aves se sitúan en el rango de 2 500 a 3 400 kcal/kg con el cual se puede conseguir mayores resultados de desempeño (NRC, 1994; Torres, 2018).

3.2.8. Partición de la energía en aves

3.2.8.1. Energía bruta (EB). La energía bruta es la energía total contenida, liberada en forma de calor cuando se somete a un proceso de oxidación un tejido animal, alimento o excreta (Bondi, 1989); para determinar la energía bruta se emplea un equipo denominado calorímetro o bomba calorimétrica, que contiene una cámara donde se coloca la muestra, se satura de oxígeno y se somete a combustión por medio de ignición de corriente eléctrica, la energía liberada se mide sacando la diferencia de temperatura del agua que rodea la cámara del antes y después de las pruebas (Bateman, 1970; Bondi, 1989), del mismo modo existe el método para calcular matemáticamente, para el cual se determina antes el análisis químico proximal (Mora B. , 1991).

3.2.8.2. Energía digestible (ED). Es la energía contenida en un compuesto orgánico al ser sometido a digestión, exceptuando la energía que se pierde en las excretas (Mora B. , 1991)

3.2.8.3. Energía metabolizable (EM)

La energía digestible que fue absorbida en tracto gastrointestinal no del todo es útil, queda una porción que se elimina mediante la orina y gases, esto solo en rumiantes; en las aves la orina y las excretas son eliminadas conjuntamente; la EM es la fracción de energía que va quedando exclusivamente para los procesos metabólicos del animal (Bondi, 1989; McDonald *et al.*,1999; Mora, 1991); razón por lo cual la EM proporciona una estimación apropiada para valorar nutricionalmente los alimentos (Bondi, 1989). La diferencia entre EMA es que no contempla el aporte de la energía endógena y EM verdadera sí toma en consideración (Lessire, 2004). La cantidad de consumo de alimento está relacionado con las porciones de EM y energía digestible, cuanto mayor es el consumo de alimento por el animal, el paso por el tracto digestivo es más acelerado y el desperdicio en las heces es mayor, aunque de cierta manera compensan restando las pérdidas de energía en orina y gases como metano; en los alimentos de menor calidad es más resaltante el alto consumo y la reducción de EM (Bondi, 1989).

3.2.8.4. Energía metabolizable aparente. Una vez que el alimento es ingerido pasa un proceso de degradación metabólica en tracto gastrointestinal para liberar la EB, los residuos del alimento se eliminan en las excretas; la energía digestible aparente es la diferencia entre la EB del alimento y la energía contenida en las excretas (Bondi, 1989; McDonald et al.,1999; Mora, 1991).

3.2.8.5. Energía metabolizable verdadera. La energía metabolizable verdadera marca diferencia de la aparente en ser más crítico al momento de calcular, ya que al determinar la energía digestible verdadera se resta exclusivamente la energía de la excreta excluyendo la energía proveniente de los tejidos orgánicos del tracto gastrointestinal (Bondi, 1989; Maynard, 1989).

3.2.8.6. Métodos para calcular la energía metabolizable. Se cuenta con distintos métodos y sistemas para determinar, sin embargo, aún no queda definido el método apropiado con el que se pueda trabajar; las primeras ecuaciones con que se determinaron eran a raíz de la parte digerible del alimento (proteína, lípidos y carbohidratos), todos ellos ejerciendo de manera positiva y con un coeficiente constante de multiplicación, de manera independiente, sin la intervención de la condición ni la digestibilidad del alimento y sus nutrientes (Francesch, 2001).

Para la determinación de la EM, otro de los métodos usados es mediante un alimento de referencia con glucosa y con el reemplazo de la glucosa por el alimento en evaluación (energía 40 %, proteína 30 % y lípido 10 %) (Rojas y Arana, 1981).

Otro método para hallar el valor de EM directo es mediante la colecta total de excretas, la cual consiste en hallar los valores de energía bruta de las excretas y la dieta mediante el calor de combustión que producen las muestras, luego se establece las diferencias entre muestras (Francesch, 2001).

3.2.8.7. Energía neta (EN)

La EN es la parte restante del contenido energético de un alimento que es completamente útil para el organismo; la EN se determina restando a la EM el incremento térmico, el incremento térmico es la cantidad de energía que se pierde en forma de calor a causa de los procesos químicos, físicos relacionados al metabolismo y digestión (Bondi, 1989; García, 2008; McDonald et al., 1999; Shimada, 2003). El valor de la EN reside en que es la energía disponible para mantenimiento, crecimiento y producción (Barzegar *et al.*, 2019), y también la EN nos da la posibilidad de determinar de manera precisa la productividad de los animales, siendo bastante puntual sobre algunas características del animal como el metabolismo nutricional posterior a la absorción y la digestibilidad (Barekattain *et al.*, 2014).

La energía neta se puede catalogar en dos, acorde a las funciones que van a cumplir, una parte de la EN será para mantenimiento (ENm) y la otra para producción (ENp) (García, 2008).

3.2.8.8. Energía neta de mantenimiento (ENm). Se define como la energía utilizada para sostener un animal que no gana ni pierde peso en un estado postabsortivo, en un ambiente termo neutral en reposo y en reposo sexual (Zuidhof, 2019). El poder determinar la ENm está relacionado en mayor medida con la estimación absoluta de la ENm y en menor medida con la estimación relativa de ENm, de manera directa no puede ser determinada, la manera como se estimaba anteriormente era calcular la tasa metabólica basal, el cual es el calor generado por el animal en estado de reposo y ayuno, pero este método presentaba inconvenientes que podían variar, como el nivel de alimentación pre ayuno, tiempo de ayuno, etc. (Hu *et al.*, 2012).

3.2.8.9. Energía neta de producción (ENp). Se define como la energía dietética necesaria para crecimiento y producción (retenido en tejidos corporales o productos) (Zuidhof, 2019), se puede decir que es la ENm excedente, el cual es retenida para emplear en el crecimiento y los diferentes procesos productivos del animal (Choct, 2004).

NRC, (1981) afirma que “Energía Retenida, comúnmente llamada Balance de Energía, es esa porción de la energía de alimentación retenida como parte del cuerpo como un producto útil”. Los pollos jóvenes son más eficientes en el uso de la energía para la producción, 50 % en el cuerpo, más cuando los animales maduran, sobre los 35 días, donde el músculo y el sistema óseo terminaron de completarse, la energía es retenida como grasa que, como proteína, siendo ya menos provechoso la calidad y producción del animal, aparte de una inversión que no retribuirá (Shatnawi, 2014).

3.2.9. Métodos para calcular la energía neta en pollos

Uno de los métodos para determinar la EN es restarle el incremento térmico (IT) a la EM $EN = EM - IT$; el IT es el calor perdido en los procesos físicos y químicos durante la digestión y metabolismo, es lo que diferencia de la EM (Zamora, 2006).

Algunos investigadores sugieren métodos derivados de ecuaciones para determinar la EN, para el cual se debe tomar en cuenta información respecto a la digestibilidad de nutrientes, la eficiencia con que son utilizados con o sin valores de EM (Pirgozliev y Rose, 1999).

Otro método que empleó Fraps (1946) en pollos para determinar la energía que poseían algunos ingredientes fue evaluando la ENp, para lo cual empleó el método de sacrificio comparativo, en el cual midió la energía retenida.

3.2.10. Método del sacrificio comparativo

Este método se fundamenta en determinar las alteraciones en la composición corporal de las aves, haciendo una suposición de que las aves al inicio del estudio se pueden calcular con precisión la composición de la canal de carne e igual de las aves al final del estudio, para luego realizar una comparación (Wolynetz y Sibbald, 1987).

Este método determina la producción de calor (PC), también la resta del consumo de EM de la energía retenida (ER), para calcular el valor de ER por los animales, se restará la energía determinada al final del estudio de la energía determinada al inicio del estudio (Shatnawi, 2014).

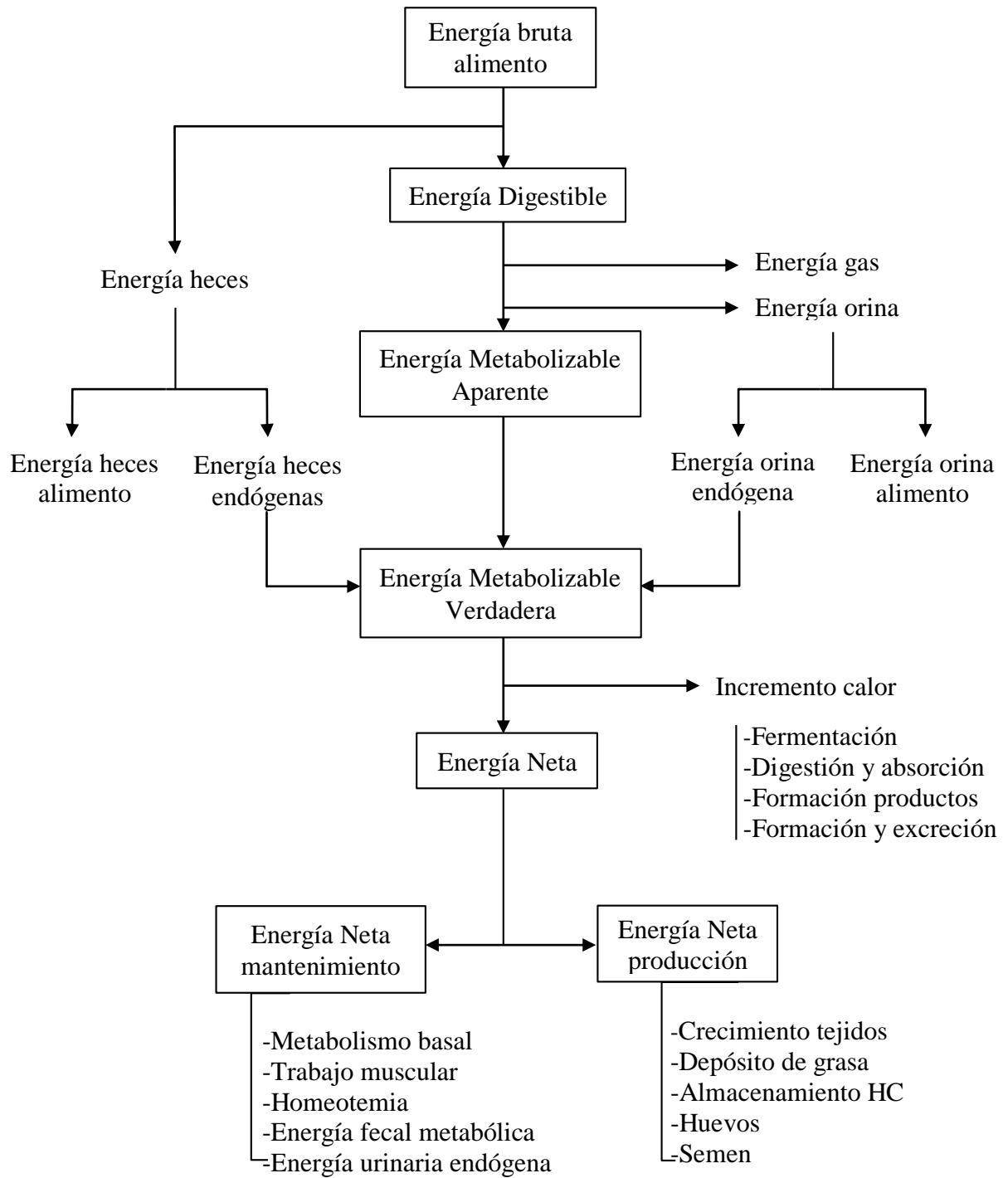
3.2.10.1. Producción de Calor (PC). Comprender los factores que afectan la PC, es importante para predecir la cantidad de EM dietética que estará disponible para fines productivos (Zuidhof, 2019), la fuente de calor es el metabolismo, entonces la producción del calor es un estimado del ritmo metabólico, de igual manera se puede sintetizar como efectos del uso de la EM ya sea para producción o mantenimiento, medido como cambio de temperatura o ritmo de consumo de oxígeno (López y Leeson, 2008; Marcillo, 2010). La producción total de calor es la sumatoria de diferentes actividades del organismo como: el metabolismo basal, actividad voluntaria, calor de regulación térmica, acción dinámica específica (aumento de calor después del consumo de alimento) (Marcillo, 2010).

Las pérdidas de energía también se hallan en la orina en forma de calor, el cual se relaciona al metabolismo de proteínas (Francesch, 2001), consiguientemente la producción de calor atañe a la adición del incremento calórico, la PC en ayunas y la PC por actividad física normal (Van Milgen *et al.*, 2018).

3.2.10.2. Incremento Calórico (IC). La actividad de la alimentación y el metabolismo provocado por la digestión y asimilación de los alimentos aumentan la PC de un animal, este aumento de la producción de calor se ha denominado efecto dinámico específico, acción dinámica específica o IC, cuando las proteínas son los que generan la energía, el IC es bastante alto a diferencia de los carbohidratos, de la misma manera si la temperatura ambiental es alta, las proteínas generaran mayor IC (Musharaf & Latshaw, 1999).

Los animales a pesar de no consumir alimento, estando en ayunas siguen produciendo calor PC, es lo que hace la diferencia a comparación de IC (Van Milgen *et al.*, 2018).

Figura 1:
Esquema de la partición de energía en aves



(Sibbald, 1982)

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Lugar de Estudio

El estudio se desarrolló el mes de abril del año 2022 en la sala de investigación en bioenergética en aves del área de nutrición animal de la Escuela Profesional de Zootecnia en las instalaciones de la Facultad de Agronomía y Zootecnia (Centro Agronómico Kayra de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco), en el Distrito de San Jerónimo del Departamento de Cusco.

- X UTM 810282.486
- Y UTM 1499779.190
- Zona 19 L
- Altitud 3203 m.s.n.m.

Figura 2:
Ubicación



Fuente: (Google Earth, 2023)

4.1.1. Animales e Instalaciones

- Se emplearon 70 pollos machos línea Cobb 500 con un día de edad, de los cuales 10 pollos se destinaron para hallar la energía retenida (ER) a los 7 días y los 60 restantes se emplearon para el estudio.
- Se emplearon cuatro jaulas metabólicas, con cuatro compartimentos cada uno, equipadas con sistema de suministro de agua, alimento y sistema de colección de excretas, cada jaula se empleó para cada nivel de alimentación, asignándose los tratamientos de manera aleatoria. El ambiente estuvo controlado entre 29 °C a 32 °C por un termo higrómetro y campanas a resistencia eléctricas, el control de la temperatura y cuidado de los pollos fue según las indicaciones de la línea Cobb 500, en cuanto al manejo de la iluminación fue continuo con luz artificial, 24 horas del día.

4.1.2. Tratamientos

Los tratamientos empleados para el estudio fueron cinco, considerando una dieta basal propuesta por Moscoso (2021), el que se muestra en la tabla 3; y cuatro dietas de prueba, todas las dietas con tres repeticiones por tratamiento y cuatro animales por repetición.

Tabla 3*Dieta control (base fresca)*

Ingredientes	Cantidad Kg
Maíz	66,42
Torta de soya	28,89
L-treonina	0,08
Fosfato dicálcico	1,48
Carbonato de Calcio	1,56
Sal	0,73
DL-Metionina	0,30
Lisina	0,32
Bicarbonato de Sodio	0,04
Premix	0,10
Colina 60 %	0,08

a: Premix de vitaminas y minerales por kilogramo de alimento: Vitamina A 9000 UI, Vitamina D3 2000UI, Vitamina E 16,0 UI, Vitamina K 2,0 mg, Riboflavina 5,5 mg, Niacina 53,0 mg, D-Pantotenato de Calcio 11,0 mg, Ácido Fólico 0,1 mg, B.H.T. 100,0 mg, Manganeso 112,0 mg, Zinc 100,0 mg, Hierro56,0mg, Cobre 7,0 mg, Yodo 1,0 mg, Selenio 0,1 mg.

Tabla 4:*Niveles de inclusión de ingredientes en evaluación*

Tratamiento	Descripción
Tratamiento 1	Dieta control 100 %
Tratamiento 2	Dieta control 70 % + harina integral de soya 30 %
Tratamiento 3	Dieta control 60 % + harina de trigo 40 %
Tratamiento 4	Dieta control 60 % + harina de avena 40 %
Tratamiento 5	Dieta control 60 % + harina de cebada 40 %

Tabla 5:*Contenido nutricional teórico (base fresca)*

Nutrientes	Contenido nutricional %
Materia Seca	88,98
Proteína	19,75
Extracto Etéreo	4,31
Fibra Cruda	3,58
Extracto Libre Nitrógeno	56,66
Ceniza	5,26
Energía Metabolizable	2,97
Lisina.	1,07
Arginina	1,24
Metionina	0,59
Metionina-cisteína	0,84
Triptófano	0,26
Treonina	0,72
Gli- ser	1,80
Histidina	0,49
Isoleucina	0,78
Leucina	1,61
Fen	0,87
Fen-tir	1,77
Valina	0,85
P.dis	0,53
Calcio	0,55
Sodio	0,20
Potasio	0,82
Cloro	0,33
Sodio + potasio-cloro	204,70

4.2. Materiales y Equipo

4.2.1. *Material de campo*

- Jaulas metabólicas
- Resistencias eléctricas (calentadores)
- Comederos
- Arpilleras

- Bebederos automáticos
- Bandejas de recolección de excretas
- Balanza digital de 5 kg de 3 dígitos
- Termo higrómetro
- Guantes látex
- Bolsas para recolección de excretas
- Desinfectantes

4.2.2. *Material de laboratorio*

- Barbijo
- Guantes látex
- Papel toalla
- Alcohol
- Papel aluminio
- Acetona
- Oxígeno ultra puro
- Gorras
- Bolsas herméticas
- Crisoles de porcelana
- Espátula
- Bandeja de aluminio

4.2.3. *Equipos de laboratorio*

- Balanza de precisión de 4 dígitos (Sartorius Quintix 224-1S) capacidad de 220 g
- Molino de cuchillas (Foss Knifetec KN 295)

- Estufa de secado de convección forzada de 720L (Binder FED 720)
- Mufla eléctrica (Protherm Furnaces ECO 110/9)
- Analizador NIR (Pertem DA 7250)
- Cámara de calor y de secado a convección natural (Binder ED 56)
- Prensa peletizadora (Parr) para el análisis de energía
- Bomba Calorimétrica Automático Isoperibólico (Parr 6400)
- Extractor de grasa Hannon Instruments

4.3. Etapas del estudio

El desarrollo de este estudio se dividió en dos etapas:

4.3.1. Etapa Pre Experimental

Esta etapa contempla todo el trabajo preparativo que se desarrolló antes de comenzar con el estudio:

Lugar de estudio. Se realizó la limpieza y la respectiva desinfección del lugar de investigación, posteriormente se aisló una sección del ambiente con arpilleras para hacer más sencillo y más adecuado el manejo de la temperatura y ventilación.

Ingredientes. Preparación de las dietas; los ingredientes se adquirieron en forma de grano para garantizar la pureza, los cuales se limpiaron, molieron a partículas de entre 1mm a 3mm de tamaño y posteriormente formularon las distintas dietas. Los ingredientes que se emplearon en el estudio fueron la harina integral de soya, los granos de cereales de producción local como: Avena procedente del Distrito de Urcos, mientras que el trigo fue del Distrito de Chinchero y la cebada de igual manera, para los cuales se determinó el valor nutricional, la cual se muestra en la tabla 6.

4.3.2. Etapa Experimental

Trabajo de Campo:

Alimentación de los Animales. El suministro de alimentación y agua empleada para el estudio fue de manera *ad libitum* en presentación de harina, durante la primera semana (día 1 al 7) se les proporcionó la dieta control (12 al 18 abril) a todos los pollos, ya que era correspondiente a la fase de adaptación; desde la segunda semana (desde 8 días) se reemplazó y se inició a suministrar todas las dietas de estudio hasta la tercera semana (día 21) (19 abril al 3 mayo).

Manejo de Registros. Registro de pesos; al inicio del estudio se tomaron el peso de los pollos con un día de edad a la recepción y posteriormente el control de pesos se hizo el día siete, día 14 y día 21. Registro de suministro de alimentos; se tomó nota de la cantidad de alimento suministrado y el alimento rechazado el día siete, el día 14, día 19, día 20 y día 21.

Recolección de Muestras. Muestras de pollos, cinco pollos fueron beneficiados la primera semana, correspondientes a la dieta basal, ya que es la semana de adaptación, escogidas de manera al azar, otro segundo grupo de 15 pollos se beneficiaron el día 21, correspondientes a cada dieta en evaluación y sus respectivas repeticiones. Muestras de excretas de pollo, la recolección de excretas se realizó los últimos tres días, correspondientes al día 19, 20 y 21; para los cuales se coloraron bandejas recolectoras a cada jaula; las cuales se cambiaban cada mañana junto a las excretas y posteriormente ser guardadas en bolsas y ser codificadas.

Trabajo de laboratorio. El trabajo que se desarrollo fue la determinación de análisis químico (materia orgánica, materia seca, energía bruta y grasa) de las muestras (insumos, dietas, excretas y harina de pollo); en las instalaciones del Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Análisis de la Materia Seca. El análisis de materia seca de harina de pollo se realizó

mediante el protocolo de la Association of Official Analytical Chemists 950.46B; para alimento dietas, insumos y excretas 930.15 (A.O.A.C., 2006). Para el desarrollo de este análisis se pesó 3 g de muestra en bandejas elaboradas de papel aluminio, los cuales fueron colocados en recipientes de aluminio debidamente codificados y posteriormente se colocaron en estufa Binder FED 7206 a 105 °C por 16 horas harina de pollo y 135 °C por 2 horas para dietas, insumos y excretas por 16 horas, tras la cual se empleó la siguiente fórmula para determinar el porcentaje de humedad de cada muestra y el porcentaje de materia seca se determinó por diferencia.

$$\% H (\text{Humedad}) = \frac{\text{Peso inicial (g)} - \text{Peso final (g)}}{\text{Peso inicial (g)}} \times 100$$

Análisis de materia orgánica. Para determinar ceniza y materia orgánica, se empleó el protocolo 942.05 de A.O.A.C. (2006) respectivamente, en dos equipos Mufla Protherm Furnaces modelo ECO110/9, para el cual se pesó 1,5 g de muestras en crisoles y luego ser colocados en el equipo durante 8 horas de calcinación a 600 °C, previo calentamiento de 2 horas de calentamiento; la ceniza se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\%MO = \frac{\text{Peso inicial (g)} - \text{Peso final (g)}}{\text{Peso inicial (g)}} \times 100$$

Energía Bruta. Se determinó la energía bruta de: harina de pollo usando el protocolo 0.8780, insumos y dietas protocolo 0.5000 y excretas 0.9278 (AOAC, 2006); a la vez se siguió la recomendación propuesta por el fabricante, realizando la compactación de pellets de cada muestra con un peso promedio de 0,75 g, en la prensa peletizadora Parr,; posteriormente se colocó y analizó cada pellet en la bomba calorimétrica isoperibolica Parr Instrument Company, modelo 6 400, según lo descrito por King *et al.*, (2022), que combustiona la muestra hasta oxidarla completamente, liberando CO₂ y O₂.

Análisis de grasa. El análisis de grasa se determinó usando el extractor de grasa Hanon Instruments, con el solvente Acetona a 80 °C, en un tiempo de 2 h, se pesaron 3g de muestra se utilizó la balanza sartorius modelo quintix 224-1x, las muestras se colocaron en una hoja de papel filtro y posteriormente acomodadas en el equipo, empleando el método Soxhlet.

Tabla 6:*Análisis químico de insumos y dietas (base seca).*

Tipo de Muestra	Ceniza %	Materia Orgánica %	Humedad %	Materia Seca %	Grasa %	Proteína %	Energía Bruta kcal/kg	Fibra %	Almidón %	Calcio %	Fosforo %	Azucares totales %
Dietas												
T1 dieta basal	7,03	85,50	7,47	92,53	3,19	19,12	3 833	2,76	45,79	1,07	0,86	2,84
T2 dieta basal + HIS	5,77	87,95	6,28	93,72	7,57	23,60	4 290	3,12	32,46	1,10	1,08	3,90
T3 dieta basal + HT	4,64	88,33	7,04	92,96	2,97	16,53	3 881	2,86	48,98	1,23	0,75	2,96
T4 dieta basal + HA	5,10	87,74	7,16	92,84	4,28	15,03	3 955	5,13	44,88	0,98	0,77	2,98
T5 dieta basal + HC	5,26	88,62	6,12	93,88	2,86	16,37	3 923	3,07	47,91	1,13	0,71	2,98
Indredientes												
Torta de soya	7,38	85,70	6,93	93,07	2,51	42,35	4 225	5,30	9,32	-1,53	1,38	4,59
Harina de maíz	1,49	88,92	9,59	90,41	3,93	9,03	3 918	2,81	59,48	1,86	0,68	3,09
Harina soya integral	5,33	89,75	4,93	95,07	21,64	35,39	5 156	5,49	-5,01	0,85	1,86	6,07
Harina de trigo	1,70	89,95	8,36	91,64	2,86	10,46	3 840	3,06	56,78	1,82	0,61	3,41
Harina de avena	4,93	87,47	7,60	92,40	5,37	10,09	4 017	7,81	47,89	1,29	0,75	2,94
Harina de cebada	2,60	90,62	6,79	93,21	2,60	8,60	3 837	4,44	55,01	1,39	0,49	3,21

Leyenda: HIS: harina integral soya, HT: harina de trigo, HA: harina de avena, HC: harina de cebada

4.4. Determinación de Energía Metabolizable y Energía Neta

4.4.1. Energía Metabolizable de las Dietas

El valor de la EM se determinó por corrección de nitrógeno (EMn), empleando el método de colección total de excretas (Sakomura y Rostagno, 2007).

Se emplearon cinco tratamientos, cada tratamiento consistió en tres repeticiones con cuatro pollos cada repetición, teniendo el número total de animales 60. Se le proporcionó la dieta y el agua a libre consumo; (los últimos tres días de la tercera semana, cada día (24 h) las excretas de los pollos se recolectaron, limpiaron, pesaron y congelaron a -20 °C), después fueron analizados.

Para determinar el valor de EM se hizo el siguiente procedimiento:

$$EM \text{ (kcal/g)} = EB \text{ dieta/g dieta} - EB \text{ excretas/g dieta}$$

Dónde:

EB: Energía bruta, el cual se determinará en una bomba calorimétrica para ambas muestras.

4.4.2. Energía Metabolizable de los Ingredientes

Se determinó encontrando el vínculo entre la dieta control y dieta en evaluación, tomando en cuenta el porcentaje de sustitución.

$$EM, \text{ kcal/g} = [EMe - EMc \times (1 - C)] / C$$

Donde:

EM: Energía Metabolizable (kcal/g).

EMe: Energía Metabolizable de la dieta control + ingrediente en evaluación.

EMc: Energía Metabolizable de la dieta control.

C : Porcentaje de sustitución (P/P).

Fuente: (Moscoso, 2021).

4.4.3. Energía Neta de las Dietas e Ingredientes

La EN se calculó empleando el método de sacrificio comparativo de (Wolynetz & Sibbald, 1987); para el estudio se utilizaron 75 pollos de un día de edad (cinco tratamientos, cada tratamiento con tres repeticiones y las repeticiones con cinco pollos cada una); la primera semana de estudio cinco pollos se beneficiaron por (luxación cervical) del cual se calcularon la ER y composición corporal (grasa y proteína), teniendo un número total de 70 animales para el estudio; cumpliendo el periodo de estudio (21 días), se les restringió por completo el alimento durante ocho horas, para luego ser beneficiados (luxación cervical) y fueron conservados a -20 °C tal como se beneficiaron, ya para el análisis, las vísceras fueron retirados, limpiados y pesado.

Los animales beneficiados se sometieron a secado en una estufa Pol Eko durante un periodo de 48 horas a 85 °C, los animales beneficiados a los siete días y 21 días se secaron, en los cuales se tomaron nota del peso de antes y después de ser deshidratado, empleando una balanza Sartorius Quintix, para luego ser sometidos a molienda, en un molino a martillo, ya con las muestras preparadas se continuó con los análisis en el laboratorio de Nutrición Animal. Se registraron el peso de los pollos el día uno, la primera semana (día7), la segunda semana (día14) y la tercera semana (día 21); de la misma manera se tomó nota del consumo de alimento.

Cálculo de la Energía Metabolizable Consumida. La valoración se hizo para todos los niveles de suministro de alimento, de la siguiente manera: Ganancia de peso (GP) y peso promedio (W):

$$GP, g = (\text{Peso 21 días} - \text{Peso 7 días}) / 14 \text{ días.}$$

$$W, g = (\text{Peso 21 días} - \text{Peso 7 días}) / 2.$$

Consumo de alimento (C):

$$C (g \text{ MS/día}) = (\text{Consumo 21 días} - \text{Consumo 7 días}) / 14 \text{ días.}$$

Consumo de energía metabolizable (CEM):

$$\text{CEM (kcal/día)} = \text{EMdieta (kcal/kg MS)} \times \text{C}$$

Fuente: (Moscoso, 2021).

Cálculo de la Energía Retenida (ER). La ER se determinó tomando en cuenta la energía corporal de los animales beneficiados al principio del estudio y la energía corporal final de los animales beneficiados el día 21, multiplicado por ganancia de peso.

$$\text{ER (kcal/animal)} = \text{ER 21 días (kcal/animal)} - \text{ER 7 días (kcal/animal)}$$

$$\text{ER (kcal/día)} = (\text{ER 21 días} - \text{ER 7 días}) / 14 \text{ días; Bomba calorimétrica.}$$

Energía retenida como grasa (ERl) y proteína (ERp) se calculó con la fórmula que se muestra

$$\text{ER (kcal)} = \text{ERl} + \text{ERp.}$$

Donde:

$$\text{ERl (kcal)} = (\text{Grasa corporal día 21 (g)} - \text{Grasa corporal día 7 (g)}) \times 9,35$$

$$\text{ERp (kcal)} = (\text{Proteína corporal día 21 (g)} - \text{Proteína corporal día 7 (g)}) \times 5,66$$

9,35 kcal/g: factor para lípidos

5,66 kcal/g: factor para proteínas (Hill & Anderson, 1958).

Cálculo de la Energía Neta. Se calculó la EN empleando el método propuesto por Moscoso (2021).

Dónde:

$$\text{ENm (kcal/día)} = a = 79,66 \times \text{W}^{0.75}$$

$$\text{EN (kcal/día)} = 79,66 \times \text{W}^{0.75} + \text{ER}$$

Donde:

$$a = \text{ENm, kcal/día}$$

$W^{0.75}$ = Peso promedio en kilos expresado en unidades metabólicas.

Producción de calor (PC)

$$PC = EM - ER$$

Incremento calórico (IC)

$$IC = PC - EN_m$$

EN de las dietas (EN_{dieta} , kcal/g)

$$EN, \text{ kcal/g} = EM \times k$$

EN de los ingredientes (EN_i)

La EN_i se calculó estableciendo la influencia entre EN basal (EN_b), EN del alimento en evaluación (EN_e) y porcentaje de reemplazo (S) de la siguiente manera:

$$EN_i = [EN_e - (1 - S) EN_b] / S$$

Fuente: (Moscoso, 2021).

4.5. Análisis Estadístico

Para realizar la investigación se contaron con cinco tratamientos, tres repeticiones o unidades experimentales por tratamiento y cada repetición de cuatro pollos, los cuales estaban alojados en baterías según niveles y estos se tomarán en cuenta como bloques, para el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con el cual se realizó el estudio. La media se comparó usando la prueba de Tukey al 95 % y el análisis estadístico se hizo en los tratamientos con el nivel de suministro de alimento *ad libitum*, empleando el paquete estadístico minitab.

Se usó el modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + B_j + T_i + e_{ijk}.$$

Donde:

Y_{ij} : Observación en el tratamiento i -ésimo y j -ésimo bloque.

μ : Media general de las observaciones.

B_j : Efecto del j -ésimo bloque.

T_i : Efecto del i -ésimo tratamiento (dieta).

e_{ijk} : Error aleatorio.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este estudio se evaluó el aporte energético de las dietas y los insumos en evaluación, tanto el valor de la energía metabolizable y el valor de la energía neta.

5.1. Valoración energética de las dietas

La valoración de EM para la dieta basal (T1) fue de 3 381 kcal/kg, mientras que para la dieta basal + harina integral de soya (T2) es de 3 648 kcal/kg, para la dieta basal + harina de trigo (T3) fue de 3 173 kcal/kg, para la dieta basal + harina de avena (T4) es de 3 208 kcal/kg y para la dieta basal + harina de cebada (T5) fue de 3 174 kcal/kg en base seca respectivamente; los cuales se muestran en la tabla 7; existiendo diferencia estadística significativa, en el que entre la dieta basal+ harina integral de soya (T2) muestra un mayor contenido de EM a comparación del resto de las dietas, cuyos valores se muestran en la tabla 12 del anexo, la dieta B+HIS, muestra valores superiores a resto, dado que incluye a la HIS, la cual tiene alto contenido de grasa y bajo en fibra.

En cuanto los valores obtenidos de EN para la dieta basal es de 2 506 kcal/kg, mientras para la dieta basal + harina integral de soya fue de 2 539 kcal/kg, para la dieta basal + harina de trigo es de 2 409 kcal/kg, para la dieta basal + harina de avena es de 2 070 kcal/kg y para la dieta basal + harina de cebada fue de 2 302 kcal/kg en base seca respectivamente; mismos valores se muestran en la tabla 7; en el cual se observa diferencia estadística significativa, en donde la dieta basal, basal + harina integral de soya y basal + harina de trigo muestran un mayor contenido de EN, a comparación de la dieta basal + harina de avena y basal + harina de cebada; también se observa que la dieta basal + harina de avena tiene el valor de EN más baja a comparación del resto; en cuanto a EB de la dieta B+HIS, tiene mayores valores a comparación del resto de las dietas, esto se asocia al alto contenido de grasa y bajo en fibra , lo mismo refleja para EM y EN, los valores inferiores del resto de las dietas son por la presencia de fibra, ya que son dietas fibrosos y

varían de acuerdo a la composición de las dietas que se estudian, la presencia de fibra no permite la disponibilidad de la energía para el animal por la misma fisiología que tienen las aves (Yaghobfar, 2016).

Tabla 7:*Valoración de energía metabolizable y energía neta de dietas (base seca)*

Dietas	T1 basal	T2 B+HIS	T3 B+ HT	T4 B + HA	T5 B+ HC	Valor p
Energía bruta EB (kcal/kg)	4 142 b ± 16,1	4 577 a ± 22,5	4 174 b ± 41,3	4 260 b ± 13,5	4 178 b ± 76,1	0,001
Energía metabolizable EM (kcal/kg MS)	3 381 b ± 117	3 648 a ± 56,8	3 173 b ± 61,7	3 208 b ± 56,8	3 174 b ± 121	0,000
Energía neta EN (kcal/kg MS)	2 506 a ± 86,7	2 539 a ± 39,6	2 409 ab ± 46,9	2 070 c ± 36,7	2 302 b ± 88,3	0,000
Relación EM:EB (%)	81,8 a ± 4,3	79,7 a ± 1,4	75,5 a ± 2,3	75,6 a ± 1,5	75,9 a ± 5,5	0,348
Relación EN:EM (%)	74,1 ab ± 0,0	69,6 bc ± 0,0	75,9 a ± 0,0	64,5 c ± 5,0	72,7 ab ± 0,0	0,001
Relación EN:EB (%)	60,6 a ± 3,2	55,5 ab ± 1,0	57,3 a ± 1,8	48,8 b ± 1,0	56,2 a ± 0,3	0,009

Leyenda: B: Dieta basal, HIS: harina integral de soya, HT: harina trigo, HA: harina avena, HC: harina cebada.

No existen diferencia significativa en cuanto a la metabolibilidad de EM en relación a EB, a comparación del resto de los tratamientos y en cuanto a la eficiencia de uso de EN: EM de las dietas muestran que existen diferencias estadísticas significativas, siendo la dieta T3 más eficiente en uso a la dieta T2 y T4, pero similar a la dieta T1 y T5; la dieta T4 muestra el valor más bajo a comparación del resto de las dietas, excepto a la dieta T2, con el cual no existen diferencias significativas; en cuanto al porcentaje de relación de EN: EB, es mayor en el T1 basal, T2, T3 y T5 el cual tiene una diferencia significativa frente al T4, mientras que entre T4 y T2 no tienen diferencias estadísticas significativa.

En términos de metabolibilidad no muestran diferencias estadísticas, a pesar de que, si hay diferencias estadísticas en valores energéticos, en cuanto a la metabolibilidad de EN: EM la dieta T3 es más eficiente, lo cual demuestra lo planteado, la sobrestimación y la subestimación energética en términos de eficiencia de uso.

5.2. Valoración energética de los ingredientes

El valor de la EM para la harina integral de soya es de 4 269 kcal/kg, mientras que para la harina de trigo es de 2 861 kcal/kg; para la harina de avena es de 2 949 kcal/kg y para la harina de trigo fue de 2 863 kcal/kg en base seca respectivamente; mismos resultados se muestran en la tabla 8, en el cual se observa que existe diferencia estadística significativa entre la harina integral de soya (valor superior) y el resto de los ingredientes, estos valores superiores de EM de HIS se atribuye a su composición química alto en grasa.

Los valores determinados para la EN de los ingredientes son los siguientes: para la harina integral de soya es de 2 616 kcal/kg, para la harina de trigo es de 2 264 kcal/kg, para la harina de avena es de 1 416 kcal/kg y para la harina de cebada es de 1 997 kcal/kg en base seca respectivamente; encontrando que existe diferencia estadística significativa de la harina de avena (valor bajo) con respecto a las demás harinas excepto con la harina de cebada con el cual son similares estadísticamente, los valores bajos para HA y HC se asume a su alto contenido de fibra que se muestra en la composición química.

En cuanto a la metabolibilidad de EM: EB de los ingredientes existe diferencias estadísticas significativas de harina integral de soya, harina de trigo frente a la harina de avena y harina de cebada, mientras que entre harina de trigo, harina de avena y harina de cebada no existe diferencias estadísticas significativas; siendo la HIS, HT y HA, más eficientes en uso de EM en relación a EB; el porcentaje de metabolibilidad de EN: EM existe diferencia estadística significativa de la harina

de avena (valor bajo) con respecto a la harina de trigo, harina de cebada, excepto harina integral de soya, con el cual no existe una diferencia estadística significativa; donde la HIS, HT y HC, son más eficientes en cuanto al uso de la energía; para la metabolizabilidad EN: EB no existen diferencias estadísticas significativas entre los ingredientes.

En resumen, se muestra que la metabolizabilidad de HIS, HT y HC, son superiores, mostrando que son más eficientes en uso, tanto así para EM: EB y EN: EM, lo cual demuestra lo planteado, la sobrestimación y la subestimación energética en términos de eficiencia de uso.

Tabla 8:
Valoración de energía metabolizable y energía neta de los insumos (base seca)

Ingredientes	Harina Integral de Soya	Harina Trigo	Harina Avena	Harina cebada	Valor p
Energía bruta EB (kcal/kg)	5 490 a ± 94.9	4 189 bc ± 1.3	4 116 c ± 11.4	4 348 b ± 1,4	0,000
Energía metabolizable EM (kcal/kg MS)	4 269 a ± 426	2 861 b ± 125	2 949 b ± 310	2 863 b ± 134	0,000
Energía neta EN (kcal/kg MS)	2 616 a ± 334	2 264 a ± 92.9	1 416 b ± 217	1 997 ab ± 295	0,002
Relación EM:EB (%)	98,1 a ± 15	66,8 ab ± 1,9	72,2 ab ± 10,7	51,8 b ± 4,2	0,035
Relación EN:EM (%)	61,1 ab ± 1,2	79,1a ± 0,2	47,9 b ± 2,3	70,2 a ± 13.8	0,003
Relación EN:EB (%)	60,1 a ± 10,8	52,9 a ± 1,4	34,8 a ± 7,5	38,4 a ± 5,1	0,063

La harina integral de soya tiene un valor de EM de 4 269 kcal/kg el cual es mayor al reportado por (Rueda & Giraldo, 2018) 3 887 kcal/kg, a las tablas brasileñas (3 393 kcal/kg); a las tablas FEDNA (3 410 kcal/kg), pero son similares a los determinados por Wiseman quien encontró un valor (4 278 kcal/kg) (Wiseman, 1984 citado por Café *et al.*, 2000); en cuanto a EN de harina de soya integral que fue de 2 616 kcal/kg, los cuales son valores similares a las que indican las tablas brasileñas que es de (2 804 kcal/kg), la soya integral es un alimento conocido por su alto contenido de proteína y la calidad de su aceite, razón por la cual es un insumo de alto valor

energético (Kalinowski, 2005).

La EM para harina de trigo es de 2 861 kcal/kg, la cual es similar a los valores que se muestran en la tabla INRA (2 937 kcal/kg) y la tabla CVB (2 644 kcal/kg), pero son menores a los valores hallados por (3 535 kcal/kg, Lasek *et al.*, 2020) y (3 033 kcal/kg, Gheisari *et al.*, 2018). La EN de la harina de trigo de 2 264 kcal/kg el cual es similar a determinado en subproducto de trigo por (kcal/kg, Moscoso *et al.*, 2020) 2 197; sin embargo menor a los valores mostrados en las tablas brasileñas (2 797 kcal/kg).

En cuanto a la EM de harina de avena fue de 2 949 kcal/kg el cual es similar al que hallaron trabajando con avena descascarillada (2 957 kcal/kg, Scholey *et al.*, 2020), de la misma manera es similar al que se muestra en las tablas brasileñas (2 976 kcal/kg), en las tablas europeas (2 939 kcal/kg) y tablas INRA (2 770 kcal/kg), los cuales son superiores a los de FEDNA (2400 kcal/kg); la EN para la avena 1 416 kcal/kg es menor a las que se muestra en las tablas brasileñas (2393 kcal/kg).

El valor hallado para EM de harina de cebada es de 2 863 kcal/kg, el cual es similar al determinado por (2 458 kcal/kg, Khodosovskiy *et al.*, 1999) y (2 894 kcal/kg, Bolarinwa & Adeola, 2012) de la misma manera los resultados se asemejan a los valores mostrados en distintas tablas como las brasileñas (2 701 kcal/kg) y FEDNA (2 785 kcal/kg). La EN hallado para cebada es 1 997 kcal/kg, el cual es similar al reportado por (1 989 kcal/kg, Varela *et al.*, 1967), quien trabajo determinando valor energético de EM, EN y digestibilidad de proteína en cerdos.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

Respecto a los objetivos planteados para este estudio se puede concluir:

1. El contenido de energía metabolizable y energía neta de la dieta basal, basal + harina integral de soya, basal + harina de trigo, basal + harina de avena y basal + harina de cebada son: EM: 3 381; 3 648; 3 173; 3 208 y 3 174 kcal/kg MS respectivamente; EN: 2 506; 2 539; 2 409; 2 070 y 2 302 kcal/kg MS respectivamente, concluyendo que la dieta basal+ harina integral de soya tienen mayor contenido energético tanto en EM y EN a comparación del resto de las dietas.
2. El contenido de energía metabolizable y energía neta del insumo, harina integral de soya, harina de trigo, harina de avena y harina de cebada son: EM: 4 269; 2 861; 2 949 y 2 863 kcal/kg MS respectivamente; EN: 2 616; 2 264; 1 416 y 1 997 kcal/kg MS respectivamente, concluyendo que el insumo harina integral de soya tienen mayor contenido energético tanto en EM y EN a comparación del resto de los insumos.

RECOMENDACIONES

- 1.** Se recomienda desarrollar estudios sobre la valoración energética como energía neta de otros ingredientes y dietas para la alimentación de pollos.
- 2.** Se recomienda para una crianza intensiva, se emplee la dieta basal o la dieta basal + harina integral de soya, mientras que en una crianza familiar es recomendable la dieta basal + harina de trigo y dieta basal + harina de cebada, ya que son más eficientes en metabolicidad.
- 3.** Se recomienda desarrollar nuevos estudios con los insumos harina de trigo y harina de cebada descascarillada, dado que son cereales de producción local, a la vez muestran potencial como fuente de energía y una eficiencia de uso de energía considerable.

BIBLIOGRAFÍA

- Barzegar, S., Wu, S.-B., Noblet, J., Choct, M., & Swick, R. (Julio de 2019 a). Eficiencia energética y predicción de energía neta del pienso en gallinas ponedoras. *Ciencias avícolas*.
- Albarracín, G. (2006). La soya como fuente de proteína en la alimentación animal. *Corporación colombiana de investigación Agrosavia*. doi:<http://hdl.handle.net/20.500.12324/1652>.
- AOAC. (2006). *Official Methods of Analysis* (18th Edition ed.). AOAC Internacional.
- Aviagen. (2014). *Broiler Ross 308 Especificaciones de Nutrición*. Obtenido de Aviagen: <https://pronavicola.com/contenido/complementospollo/Ross308BroilerNutrition%202014.pdf>
- Azhar, M., Rose, S., Mackenzie, A., Mansbridge, S., Bedford, M., Lovegrove, . . . Pirgozliev, V. (2019). Nutrient content and digestibility of different batches of wheat distillers dried grains with solubles for laying hens. *British Poultry Science*, 597-603. doi:<https://doi.org/10.1080/00071668.2019.1605152>
- Barekatin, M., Noblet, J., Wu, S., Iji, P., Choct, M., & Swick, R. (Noviembre de 2014). Effect of sorghum distillers dried grains with solubles and microbial enzymes on metabolizable and net energy values of broiler diets. *Poultry Science*, 93, 2793-2801.
- Barzegar, S., Wu, S.-B., Choct, M., & Swick, R. A. (Octubre de 2019 b). Factores que afectan el metabolismo energético y evaluación de la energía neta de los piensos para aves de corral.
- Bateman, J. V. (1970). *Nutrición animal: manual de métodos analíticos*. México: Herrero Hermanos .
- Bertechini, A. (2012). *Niveles de Proteína y Aminoácidos en Avicultura*. Obtenido de Docplayer: <https://docplayer.es/38898409-Niveles-de-proteina-y-aminoacidos-en-avicultura.html>
- Bertsch, G. (06 de Junio de 2019). *Cereales alternativos en alimentación animal*. Obtenido de

- Veterinaria Digital: <https://www.veterinariadigital.com/articulos/cereales-alternativos-en-alimentacion-animal/>
- Blas, c., García, p., Gorrachategui, M., & Mateos, G. (2021). *Tablas fedna de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (4th Edición)* . España: Improtalia S. L.
- Bolarinwa, O., & Adeola, O. (2012). Energy value of wheat, barley, and wheat dried distillers grains with solubles for broiler chickens determined using the regression method. *Poultry science*, 1928-35. doi:10.3382/ps.2012-02261
- Bondi, A. A. (1989). *Nutricion Animal*. (D. R. Arias, Trad.) zaragoza, España: Acribia S.A.
- Café, M., Sakomura, N., Junqueira, O., Carvalho, M., & Del Bianchi, M. (2000). Determinação do Valor Nutricional das Sojas Integrais Processadas para Aves. *Brazilian Journal of Poultry Science*. doi:<https://doi.org/10.1590/S1516-635X2000000100010>
- Cámara Argentina de Fabricantes de Alimentos Balanceados. (2018). *2 de Julio Dia de la Avicultura Nacional* . Obtenido de Docplayer: https://docplayer.es/78007346-2-de-julio-flinft-dia-de-la-avicultura-nacional.html#show_full_text
- Centraal Veevoederbureau (CVB). (Julio de 2018). CVB Table Booklet Feeding of Poultry 2018. *e Federatie Nederlandse Diervoederketen*(serie n°61).
- Choct, M. (2004). The Net Energy Value For Commonly Used Plant Ingrediente for Poultry in Australia. *RIRDC*.
- Cobb Vantress . (Abril de 2018). *Cobb 500 Suplemento Informativo Sobre Rendimiento y Nutrición de Pollos de Engorda*. Obtenido de Cobb- Vantress: <https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/c8850fbe02/6998d7c0-12d1-11e9-9c88-c51e407c53ab.pdf>

- Cuca, M. (1963). *La alimentación de aves de corral*. Obtenido de Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias :
<https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/2049/3440>
- Cuéllar S, J. (Noviembre de 2021). *Importancia del trigo en la alimentación y producción animal*. Obtenido de Veterinaria Digital:
<https://www.veterinariadigital.com/articulos/importancia-del-trigo-en-la-alimentacion-y-produccion-animal/>
- Dale, N., & Batal, A. (2009). Feedstuffs Ingredient Analysis Table: 2010 Edition. *Feedstuffs*, 16-17.
- Damian, J. (2016). Insectos, una fuente natural de nutrientes para las aves de corral . *Academia acelerando la investigación mundial* .
- El economista. (12 de Mayo de 2021). *El precio internacional de la soja superó los US\$ 610 tras informe del USDA*. Obtenido de El economista: <https://eleconomista.com.ar/2021-05-el-precio-de-la-soja-supero-los-us-610/>
- Facultad de agronomía y zootecnia-UNSAAC. (s.f.). *centro regional de investigacion en biodiversidad andina*. Obtenido de Unsaac-Facultad de Agronomía y Zootecnia:
<http://faz.unsaac.edu.pe/INVESTIGACION/CRIBA.htm>
- FAO. (2022). *Situación Alimentaria Mundial*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FEDNA. (2008). Necesidades nutricionales para avicultura. *Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal*.
- FEDNA. (2019). *Avena*. Obtenido de Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal: http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/avena

- Francesch, M. (2001). Sistemas para la valoración energética de los alimentos en aves. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 9(1):, 35-42.
- Fraps, G. (1946). Composition and Productive Energy of Poultry Feeds and Rations. *Texas Agricultural Experiment Station*.
- Freire, M. , & Berrones, A. (2008). Efecto de diferentes relaciones lisina: enegía sobre parámetros zootécnicos de pollos de engorde en. *Tesis pregrado*. Escuela Politécnica del Ejercito, escuela en ciencias agropecuarias, Sangolqui.
- Gallardo, M. (2007). Alternativas para Reemplazar al Grano de Maíz. *E.E.A. INTA* , 20-28.
- Garcia , G. (2008). Cálculo de la energía neta para lactación y su predicción desde el punto de vista de la fibra. *Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF)*.
- García, M., & Gómez, C. (10 de 10 de 2007). *Harina integral de soya en la alimentacion de ganado lechero*. Obtenido de Engormix: <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/harina-integral-soya-alimentacion-t27333.htm>
- Garrido, A., Teijón, R., Blanco, G., Olmo, L., Teijón, L., & Castel, S. (2009). *Bioquímica Metabólica. Conceptos y Test* (2da ed.). Madrid, España: Editorial Tébar, S.L.
- Gestión . (15 de 07 de 2021). *Perú importó US\$ 521 millones de maíz amarillo duro en primer semestre del 2021*. Obtenido de Gestión : <https://gestion.pe/economia/peru-importo-us-521-millones-de-maiz-amarillo-duro-en-primer-semestre-del-2021-nndc-noticia/?ref=gesr>
- Gheisari, A., Najafabadi, P., & Khosravinia, H. (2018). Energy utilisation and growth performance of broilers receiving maize or wheat based diets supplemented with bacterial or fungal originated xylanase. *European Poultry Science*, 82(223), 1-13. doi:<https://doi.org/10.1399/eps.2018.223>

- Gómez, A., Ceballos, I., Ruiz, E., Rodríguez, P., Valero, T., Ávila, J., & Varela, G. (2017). *Datos actuales sobre las propiedades nutricionales de la avena*. Fundación Española de Nutrición .
- Google Earth. (Enero de 2023). *Google Earth*. Obtenido de <https://earth.google.com/web/@-13.55269756,-71.87485119,3202.5087417a,111.07521465d,35y,0h,0t,0r>
- Hidalgo, V., & Valerio, H. (2020). Digestibilidad y energía digestible y metabolizable del gluten de maíz, hominy feed y subproducto de trigo en cuyes (*Cavia porcellus*). *Rev Inv Vet Perú* .
- Hill, F., & Anderson, D. (1958). Comparison of Metabolizable Energy and Productive Energy Determinations with Growing Chicks. *The Journal of Nutrition*, 64(4), 587-603.
- Hu, Q., Wang, F., Piao, X., Ni, J., Zhang, X., & Li, D. (2012). Effects of Fasting Duration and Body Weight on Fasting Heat Production in Growing Pigs. *Journal of Animal and Veterinary Advances*.
- Jacob , J. P., & Pescatore, A. J. (2012). Using barley in poultry diets—A review. *Journal of Applied Poultry Research*, 915-940. doi:21:915–940
- Jacob, J. (2022). Oats in Poultry Diets. *Universidad de Kentucky*.
- Janssen, W. (1989). *European Table of Energi Values for Poultry Feeddstuffs* (3rd ed.). Paises Bajos. : Grafisch bedrijf Ponsen & Looijen bv.
- Kalinowski, J. (2005). *Docplayer*. Obtenido de La Soja Integral en la Alimentación Avícola: <https://docplayer.es/13269838-La-soja-integral-en-la-alimentacion-avicola.html>
- Khodosovskiy, D., Khochenkov, A., Solyanik, V., & Bezmen, V. (1999). Evaluation of metabolizable energy content of barley and wheat in poultry nutrition. *Vestsi Akademii Agrarnykh Navuk Res iki Belarus' 3*, 84-86.

- Lasek, O., Barteczko, J., Barć, J., & Micek, P. (2020). Nutrient Content of Different Wheat and Maize Varieties and Their Impact on Metabolizable Energy Content and Nitrogen Utilization by Broilers. *Animals*, 907. doi:<https://doi.org/10.3390/ani10050907>
- Leeso, S., & Summers, J. (2001). *Nutrition of the Chicken*. University Books.
- Lessire, M. (2004). *Valores Nutritivos para las aves: Tablas de composición y de valor nutritivo de las materias primas destinadas a los animales de interés ganadero: Cerdos, Aves, bovinos, caprinos, Conejos, caballos y peces*. Madrid, España: Mundi-Prensa Libros.
- Lopez, G., & Leeson, S. (2008). Review: Energy Partitioning in Broiler Chickens. *Canadian Journal of Animal Science* 88 (2): 205–12.
- Marcillo, F. (enero de 2010). *Energía*. Obtenido de ESPOL: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/8897>
- Maynard, L. (1989). *Nutrición Animal* (7ma ed.). México: McGraw Hill.
- McDonald, R.; Edwards, C.; Greenhalgh, I. & Morgan, L. (1999). *Nutrición Animal* (5ta ed.). Acribia.
- Mora, B. (1991). *Nutrición Animal* (1ra ed.). Costa Rica : Universidad Estatal a Distancia.
- Moscoso, J. (2021). energía neta de ingredientes en pollos de carne y validación de un modelo para estimar el requerimiento de energía neta. *Tesis para optar el grado de doctor doctoris philosophiae en nutrición*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.
- Moscoso, J., Gomez, O., & Guevara, V. (2020). 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 . *Scientia Agropecuaria* .
- Murarolli, R. (2007). Efeitos de diferentes relações dietéticas de energia metabolizable: proteína bruta e do peso inicial de pintos sobre o desempenho e o rendimento de carcaça em frangos

- de corte: I machos; II fêmeas. (*Dissertação*). Universidade de São Paulo, Pirassununga, Brasil.
- Murray, R., Bender, D., Botham, K., Kennelly, P., Rodwell, V., & Weil, P. (2010). *Harper. Bioquímica Ilustrada. 28ª Edición*. Mexico: Mc Graw Hill Interamerica Editores, S.A.
- Musharaf, N., & Latshaw, J. (1999). Heat increment as affected by protein and amino acid nutrition. *World's Poultry Science Journal*, 55(3), 233-240. doi:10.1079/WPS19990017.
- Noblet, J. (2013). Net Energy Use vs. Metabolizable Energy in Swine and Poultry. *French National Institute for Agriculture, Food, and Environment*.
- Noblet, J., Van Milgen, J., & Dubois, S. (2010). Utilisation of metabolisable energy of feeds in pigs and poultry: interest of net energy systems ? *21st Annual Australian Poultry Science Symposium*.
- Noblet, J., Wu, S.-B., & Choct, M. (2022). Methodologies for energy evaluation of pig and poultry feeds: A review. *Animal Nutrition*, 185-203.
- NRC. (1981). *Nutricional Energética de Animales Domésticos y Glosario de Términos Energéticos*. Washington, DC: The National Academies Press. doi:https://doi.org/10.17226/1670
- NRC. (1994). *Nutrient Requirements of Poultry* (Ninth Revised Edition ed.). Washington, DC, USA: The National Academies Press.
- NTC. (27 de Noviembre de 2002). Alimentos para animales, soya integral. *Norma Técnica Colombiana*.
- ONU. (2022). *Global impact of the war in Ukraine: billions of people face the greatest cost of living crisis in a generation*. United nation.
- Pérez, B. (2022). *Trigo*. Obtenido de Farmacia.bio: <https://www.farmacia.bio/trigo/>

- Pirgozliev, V., & Rose, S. (1999). Net energy systems for poultry feeds: A quantitative review. *World's Poultry Science Journal*, 55(1), 23-36. doi:10.1079 / WPS19990003
- Ramos, E. (16 de Septiembre de 2022). *Perú importó soya por US\$ 128 millones entre enero y agosto de 2022*. Obtenido de Agraria.pe: <https://agraria.pe/noticias/peru-importo-soya-por-us-128-millones-entre-enero-y-agosto-d-29308>
- Ramos, F. (2013). Maíz, trigo y arroz. Los cereales que alimentan al mundo. *Universidad Autónoma de Nuevo León*.
- Real Escuela de Avicultura. (1 de Septiembre de 2020). *La energía y su evaluación en la alimentación de las aves*. Obtenido de Avicultura.com alimentando al mundo: <https://avicultura.com/la-energia-y-su-evaluacion-en-la-alimentacion-de-las-aves/>
- Rojas, S., & Arana, C. (1981). Metabolizable Energy Values of Anchovy Fish Meal and Oil for Chicks. *Poultry Science* .
- Rostagno, H., Teixeira, L., Hannas, I., Lopes, J., Kazue, N., Guilherme, F., . . . Oliveira, C. (2017). *Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos - Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales*. Universidad Federal de Viçosa.
- Rueda, L., & Giraldo, M. (2018). Energía metabolizable del grano de soya integral en pollos de engorde. *Veterinaria y Zootecnia*. doi:10.17151/vetzo.2018.12.1.7
- Sakomura, N., & Rostagno, H. (2007). Métodos de Pesquisa Em Nutrição de Monogástricos. *FUNEP - Universidade Federal de Vicosa*.
- Sauvant, D., Tran, G., & Perez, J.-M. (2004). *Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage* (2^a ed.). Francia: INRA.
- Scholey, D. V., Marshall, A., & Cowan, A. A. (2020). Evaluation of oats with varying hull inclusion in broiler diets up to 35 days. *Poultry science*, 2566–2572.

doi:<https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.12.043>

- Serna, S. (2010). *Cereal Grains: Properties, Processing, and Nutritional Attributes*. Monterrey, México: Taylor y Francis Group. doi:<https://doi.org/10.1201/9781439882092>
- Shatnawi, K. (2014). Investigation of energy partitioning in modern broiler chickens. *a thesis presented in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Poultry Nutrition*. Massey University., Palmerston North, New Zealand.
- Shimada, M. (2003). *Nutrición Animal*. México : Trillas.
- Sibbald, I. (1982). Measurement of Bioavailable Energy in Poultry Feedingstuffs A Review. *Canadian Journal Of Animal Science*, 62(4).
- Torres, D. (2018). Exigencias Nutricionales de Proteína Bruta y Energía Metabolizable para Pollos de Engorde. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9.
- Van Der Klis, J., & Fledderus, J. (2007). Evaluation of Raw Materials for Poultry: What's up ?. *Poult. Nutr.*
- Van der klis, J., & Jansman , A. (2019). Energía neta en aves de corral: sus méritos y límites. *Revista de investigación avícola aplicada*.
- Van Milgen, J., Noblet, J., & Labussière, E. (2018). Energy in Practical Formulation – New Research, Industry Trends and Direction and Research Gaps. *Journal of Animal Science* 96 (supl_2).
- Varela, G., Boza, J., & Fonolla, J. (1967). Experiencias de Digestibilidad y Rendimiento Nutritivo del Maiz, Sorgo y Cebada en Dietas Económicas para Cerdos en Cebo Precoz. *ARS Pharm.*
- Wang, H., Shi, M., Xu, X., Pan, L., Ma, X., Li, P., & Piao, X. (2017). Determination and prediction of the digestible and metabolisable energy content of barley for growing pigs based on chemical composition. *Archives of Animal Nutrition*, 71(2), 108–119.

doi:<https://doi.org/10.1080/1745039X.2017.1279717>

Wolynetz, M., & Sibbald, I. (1987). Need for comparative slaughter experiments in poultry research. *Poult Sci.* doi:10.3382/ps.0661961

Yaghobfar, A. (2016). The Efficiency of AMEn and TMEn Utilization for NE in Broiler Diets. *Brazilian Journal of Poultry Science.*

Zamora, N. (2006). Determinación de la energía metabolizable verdadera de varias fuentes de carbohidratos utilizadas para la alimentación de aves. (*tesis de licenciatura*). Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de medicina Veterinaria y zootecnia Escuela de Zootecnia, Guatemala .

Zuidhof, M. (junio de 2019). A Review of Dietary Metabolizable and Net Energy: Uncoupling Heat Production and Retained Energy. *Journal of Applied Poultry Research*, 28, 231-241.

ANEXOS

Anexo 1: Análisis de Valores Energéticos

Tabla 9:

Análisis de Varianza de energía bruta de las dietas

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	4	257 078	64 270	38,09	0,001
Error	5	8 436	1 687		
Total	9	265 514			

Tabla 10:

Comparación de medias de energía bruta de las dietas utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %

Tratamientos	n	Media	Agrupación
tratamiento 2	2	4 577,50	A
tratamiento 4	2	4 260,21	B
tratamiento 5	2	4 178,40	B
tratamiento 3	2	4 174,20	B
tratamiento 1	2	4 142,00	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Tabla 11:
Análisis de Varianza de energía metabolizable de las dietas

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	499 120	124 780	16,07	0,000
Error	10	77 651	7 765		
Total	14	57 6771			

Tabla 12:
Comparación de medias de energía metabolizable de las dietas utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %

Tratamientos	n	Media	Agrupación
tratamiento 2	3	3 648,10	A
tratamiento 1	3	3 381,80	B
tratamiento 4	3	3 208,80	B
tratamiento 5	3	3 174,30	B
tratamiento 3	3	3 173,90	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Tabla 13:
Análisis de Varianza de energía neta de las dietas

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	4	42 9158	107 290	26,25	0.000
Error	10	40 866	4 087		
Total	14	470 024			

Tabla 14:
Comparación de medias de energía neta de las dietas utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %

Tratamientos	n	Media	Agrupación
tratamiento 2	3	2 539,20	A
tratamiento 1	3	2 506,40	A
tratamiento 3	3	2 409,40	A B
tratamiento 5	3	2 302,70	B
tratamiento 4	3	2 070,30	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Tabla 15:*Análisis de Varianza de relación de energía metabolizable y energía bruta de las dietas*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	4	66,49	16,62	1,43	0,348
Error	5	58,30	11,66		
Total	9	124,79			

Tabla 16:*Comparación de medias de la relación de energía metabolizable y energía bruta de las dietas utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %*

Tratamientos	n	Media	Agrupación
tratamiento 1	2	81,75	A
tratamiento 2	2	79,79	A
tratamiento 5	2	75,86	A
tratamiento 4	2	75,60	A
tratamiento 3	2	75,50	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Tabla 17:*Análisis de Varianza de relación de energía neta y energía metabolizable de las dietas*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	4	239,63	59,91	12,22	0,001
Error	10	49,02	4,90		
Total	14	288,65			

Tabla 18:*Comparación de medias de la relación de energía neta y energía metabolizable de las dietas utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %*

Tratamientos	n	Media	Agrupación	
tratamiento 3	3	75,92	A	
tratamiento 1	3	74,11	A	B
tratamiento 5	3	72,65	A	B
tratamiento 2	3	69,60		B C
tratamiento 4	3	64,52		C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Tabla 19:*Análisis de Varianza de la relación de energía neta y energía bruta de las dietas*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	4	149,61	37,40	12,25	0,009
Error	5	15,27	3,05		
Total	9	164,88			

Tabla 20:*Comparación de medias de la relación de energía neta y energía metabolizable de las dietas utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %*

Tratamientos	n	Media	Agrupación
tratamiento 1	2	60,59	A
tratamiento 3	2	57,31	A
tratamiento 5	2	56,21	A
tratamiento 2	2	55,49	A B
tratamiento 4	2	48,77	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Tabla 21:
Análisis de Varianza de la energía bruta de ingredientes

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Ingredientes	3	2 481 799	827 266	362,29	0,000
Error	4	9 134	2 283		
Total	7	2 490 932			

Tabla 22:
Comparación de medias de energía bruta de ingredientes utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %

Ingredientes	n	Media	Agrupación
Harina Integral de Soya	2	5 490,10	A
Harina de Cebada	2	4 348,35	B
Harina de Trigo	2	4 189,91	B C
Harina de Avena	2	4 116,93	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Tabla 23:*Análisis de Varianza energía metabolizable de los ingredientes*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Ingredientes	3	6 103 262	2 034 421	18,27	0,000
Error	10	1 113 230	111 323		
Total	13	7 216 493			

Tabla 24:*Comparación de medias de energía metabolizable de los ingredientes utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %*

Ingredientes	n	Media	Agrupación
Harina Integral de Soya	5	4 268,00	A
Harina de Avena	3	2 949,00	B
Harina de Cebada	3	2 863,10	B
Harina de Trigo	3	2 861,90	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Tabla 25:
Análisis de Varianza de energía neta de los ingredientes

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Ingredientes	3	2 305 121	768 374	12,10	0,002
Error	8	508 143	63 518		
Total	11	2 813 264			

Tabla 26:
Comparación de medias de energía neta de los ingredientes utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %

Ingredientes	n	Media	Agrupación
Harina Integral de Soya	3	2 616,00	A
Harina de Trigo	3	2 264,00	A
Harina de Cebada	3	1 997,00	A B
Harina de Avena	3	1 416,00	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Tabla 27:*Análisis de Varianza de la relación de energía metabolizable y energía bruta de los ingredientes*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Ingredientes	3	2 234	744,66	8,23	0,035
Error	4	362	90,51		
Total	7	2 596			

Tabla 28:*Comparación de medias de la relación de energía metabolizable y energía bruta de los ingredientes utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %*

Ingredientes	n	Media	Agrupación	
Harina Integral de Soya	2	98,10	A	
Harina de Avena	2	72,22	A	B
Harina de Trigo	2	66,80	A	B
Harina de Cebada	2	51,76		B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Tabla 29:

Análisis de Varianza de relación de la energía neta y la energía metabolizable de los ingredientes

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Ingredientes	3	1 600,80	533,61	10,89	0,003
Error	8	392,00	49,00		
Total	11	1 992,90			

Tabla 30:

Comparación de medias de la relación de energía neta y energía metabolizable de los ingredientes utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %

Ingredientes	n	Media	Agrupación	
Harina de Trigo	3	79,12	A	
Harina Integral de soya	3	70,16	A	
Harina de Cebada	3	61,18	A	B
Harina de Avena	3	47,86		B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Tabla 31:*Análisis de Varianza de la relación de energía neta y energía bruta de los ingredientes*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Ingredientes	3	858,60	286,20	5,68	0,063
Error	4	201,50	50,37		
Total	7	1060,10			

Tabla 32:*Comparación de medias de energía neta y energía metabolizable de los ingredientes utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %*

Ingredientes	n	Media	Agrupación
Harina Integral de Soya	2	60,08	A
Harina de Trigo	2	52,883	A
Harina de Cebada	2	38,35	A
Harina de Avena	2	34,76	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 2: Evidencias fotográficas

Figura 3:
Jaulas metabólicas empleadas

