



## 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

### Metabolizable energy and net energy content of corn, wheat bran, soybean meal, fish meal and soybean oil for broilers

 Juan E. Moscoso-Muñoz<sup>1,2,\*</sup> ; Oscar Gomez-Quispe<sup>3</sup> ; Victor Guevara-Carrasco<sup>1</sup> 
<sup>1</sup> Universidad Nacional Agraria La Molina – Lima, Av. La Molina 15024. Lima, Peru.

<sup>2</sup> Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco – Cusco, Av. De la Cultura 733. Cusco, Peru.

<sup>3</sup> Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac, Av. Inca Garcilazo de la Vega 0301. Abancay, Apurimac, Peru.

Received April 13, 2020. Accepted August 9, 2020.

#### Resumen

Se realizó un estudio para determinar la energía metabolizable (EM) y energía neta (EN) del maíz, subproducto de trigo, harina de soya, harina de pescado y aceite de soya en aves. Se utilizó 190 pollos machos, distribuidos en seis dietas experimentales (basal (B), B + maíz (40%), B + subproducto de trigo (40%), B + harina de soya (30%), B + harina de pescado (30%), B + aceite de soya (10%) con tres niveles de alimentación (*ad libitum* (AL), 85% AL y 70% AL). La EM se determinó por el método de colección total de excretas y la EN por el método de sacrificio comparativo, los pollos recibieron las dietas experimentales de los siete a 21 días de edad, las excretas se recolectaron cada 24 horas (día 19 al 21). Para EN, se determinó la energía retenida y producción de calor (7 y 21 días). La EM y EN del maíz, subproducto de trigo, harina de soya, harina de pescado y aceite de soya fue de 3734, 2197, 2477, 3289, 8767 kcal/kg MS y 2527, 1598, 1417, 1837, 7550 kcal/kg MS respectivamente, la relación EN:EM fue mayor con el aceite de soya en comparación a los otros insumos.

**Palabras clave:** energía neta; energía metabolizable; producción de calor; sacrificio comparativo; energía retenida.

#### Abstract

A study was carried out to determine the metabolizable energy (ME) and net energy (NE) of corn, wheat by-product, soybean meal, fishmeal, and soybean oil in poultry. 190 male chickens were used, distributed in six experimental diets (basal (B), B + corn (40%), B + wheat by-product (40%), B + soybean meal (30%), B + fish meal (30%), B + soybean oil (10%) with three feeding levels (*ad libitum* (AL), 85% AL and 70% AL). ME was determined by the total collection method of excreta and NE by the comparative slaughter method, the chickens received the experimental diets from 7 to 21 days of age, the excreta were collected every 24 hours (day 19 to 21). For NE, the energy retained and heat production were determined (7 and 21 days) The ME and NE of corn, wheat by-product, soybean meal, fishmeal and soybean oil was 3734, 2197, 2477, 3289, 8767 kcal / kg DM and 2527, 1598, 1417, 1837, 7550 kcal / kg DM respectively, the NE: ME ratio was higher with soybean oil compared to other feed ingredients.

**Keywords:** net energy, metabolizable energy, heat production, comparative slaughter; retained energy.

#### 1. Introducción

La alimentación representa el mayor costo (60-70%) en los sistemas de producción avícola, donde el contenido de energía presenta el mayor impacto (Noblet, 2015;

Sarwar *et al.*, 2015; Cerrate *et al.*, 2019; Wu *et al.* 2019), de allí la necesidad de determinar los valores energéticos de los alimentos y los requerimientos de energía para los pollos (mantenimiento y producción), que es

#### Cite this article:

Moscoso-Muñoz, J.E.; Gomez-Quispe, O.; Guevara-Carrasco, 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* 11(3): 335-344.

\* Corresponding author

E-mail: [juan.moscoso@unsaac.edu.pe](mailto:juan.moscoso@unsaac.edu.pe) (J.E. Moscoso-Muñoz).

© 2020 All rights reserved

DOI: 10.17268/sci.agropecu.2020.03.05

necesario para una óptima nutrición (Classen, 2016; Liu *et al.*, 2016).

Actualmente la formulación de dietas para pollos se realiza en base a la energía metabolizable (EM) aparente corregida por nitrógeno (van der Klis y Jansman, 2019); sin embargo, la EM puede estar influenciada por factores tales como la especie, genética, edad y nivel de alimentación de las aves (Liu *et al.*, 2016; Ravindran *et al.*, 2017; Barzegar *et al.*, 2019). Así mismo, no considera la eficiencia de utilización de los nutrientes, la partición en los productos utilizables (carne), desperdicios (deposición de grasa) y el exceso en la producción de calor, sobreesimando la energía neta (EN) de alimentos ricos en proteína (Morgan *et al.*, 2019), y el valor energético de los alimentos fibrosos, y subestimando el valor energético de alimentos ricos en grasa o almidón (Barzegar *et al.*, 2019). Se sabe que las variaciones en la proporción de grasa, almidón y proteína afectan la eficiencia de utilización de la EM (Li *et al.*, 2017; van der Klein *et al.*, 2020).

La valoración energética de los insumos alimenticios en términos de energía neta constituye un objetivo primordial en la producción de pollos el cual permite reducir los costos de alimentación (Wu *et al.*, 2019), porque maximiza la eficiencia del uso de los nutrientes y minimiza las pérdidas o excreciones (Liu *et al.*, 2015). Bajo estos criterios, la estimación más cercana del valor energético "verdadero" de un alimento es su contenido de EN (Yaghoobfar, 2016; Liu *et al.*, 2016; Wei *et al.*, 2017; Barzegar *et al.*, 2019), valor que tiene en cuenta las diferencias en la utilización metabólica de la EM de los nutrientes (Noblet, 2015). Adicionalmente, el rendimiento animal está mejor relacionado con la ingesta de EN que con la ingesta de EM o energía digestible (ED) (Yaghoobfar, 2016; Milgen *et al.*, 2018). Así mismo, permite predecir de mejor manera la respuesta productiva de los animales, mostrando un refinamiento adicional sobre las características como la digestibilidad, del metabolismo de los nutrientes después de la absorción (Barzegar *et al.*, 2019). Desafortunadamente, la información existente sobre la EN para pollos es escasa.

Los insumos de uso frecuente empleados en la formulación de raciones para aves en Perú han sido evaluados principalmente para determinar su aporte de EM, mas no así de EN. Los objetivos del presente estudio fueron reevaluar los valores de EM y evaluar la EN de insumos usados localmente en el Perú (maíz, subproducto de trigo, harina de soya, harina de pescado y aceite de soya) para la alimentación de pollos, por el método de sacrificio comparativo.

## 2. Materiales y métodos

### Insumos y dietas

Las dietas experimentales fueron elaboradas con insumos locales, empleando para ello una dieta basal (maíz + harina de soya) (Tabla 1), a partir del cual se hizo la sustitución porcentual peso/peso de cada insumo (maíz, subproducto de trigo, harina de soya, harina de pescado y aceite de soya) en evaluación (energético 40%, proteico 30% y lipídico 10%; Tabla 3) (Alvarenga *et al.*, 2015; Liu *et al.*, 2016); los cuales fueron suministrados en tres niveles de alimentación como: *ad libitum* (AL), 85% (AL) y 70% (AL) (Liu *et al.*, 2016), lo que permitió determinar la energía metabolizable aparente corregida por nitrógeno (EM) y energía neta (EN).

**Tabla 1**

Insumos y composición nutricional de la dieta basal (tal como ofrecido)

Detalle	Cantidad
Ingrediente (%)	
Maíz	62,73
Harina de soya	31,39
Fosfato dicálcico	2,11
Aceite de soya	1,69
Carbonato de calcio	0,93
Sal	0,48
DL - Metionina	0,31
Lisina - HCL	0,21
Premix <sup>a</sup>	0,10
Composición nutricional calculada	
Energía Metabolizable (Mcal/kg)	3,07
Proteína Cruda (%)	20,49
Lisina (%)	1,26
Arginina (%)	1,36
Metionina (%)	0,61
Metionina + Cistina (%)	0,94
Triptófano (%)	0,25
Treonina (%)	0,82
Histidina (%)	0,55
Isoleucina (%)	0,86
Leucina (%)	1,72
Fenilalanina (%)	1,02
Fenil + Tirosina (%)	2,02
Valina (%)	0,96
Fósforo disponible (%)	0,45
Calcio (%)	0,90
Sodio (%)	0,20

a: Premix de vitaminas y minerales por kilogramo de alimento: Vitamina A 9000 UI, Vitamina D<sub>3</sub> 2000 UI, 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, Manganeseo 112,0 mg, Zinc 100,0 mg, Hierro 56,0 mg, Cobre 7,0 mg, Yodo 1,0 mg, Selenio 0,1 mg.

### Instalaciones

La crianza de los pollos se realizó en tres baterías con cinco niveles (cuatro divisiones por nivel) cada uno, asignándose los tratamientos a estos en forma aleatorizada. Cada nivel fue provisto de comederos y bebederos lineales, piso de malla, bandejas para la colección de las excretas y regulación de temperatura con termostato e iluminación artificial permanente (24 horas).

### Procedimiento experimental

El estudio fue aprobado por la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional

Agraria La Molina (Lima, Perú). Se utilizaron 190 pollos machos de la línea Cobb – Vantress en ambos experimentos: energía metabolizable y energía neta.

### Energía metabolizable

La EM fue determinada por el método de colección total de excretas (Abdulla *et al.*, 2016; Wu *et al.*, 2019). Los pollos recibieron la dieta basal hasta los siete días de edad, a partir del cual se les suministró las dietas experimentales hasta los 21 días de edad, para cada dieta se utilizaron dos repeticiones (Gous *et al.*, 2018) con cinco pollos cada una, haciendo un total de 60 pollos (que fueron parte de los 190 pollos empleados en todo el estudio); el alimento y agua fueron suministrados *ad libitum*, llevándose el registro del consumo y rechazo de alimento en forma diaria. Las excretas se recolectaron a intervalos de 24 horas en tres días sucesivos durante la última semana del periodo experimental (día 19 al 21) (Alvarenga *et al.*, 2015); una vez recolectadas estas fueron limpiadas, pesadas y congeladas a -20 °C para su posterior análisis (Stefanello *et al.*, 2016).

### Energía neta

La EN fue determinada por el método de sacrificio comparativo (Sakomura y Rostagno, 2017), para lo cual se utilizaron 180 pollos de un día de edad (seis dietas con tres niveles de alimentación, dos repeticiones y cinco pollos por repetición) así como 10 pollos para determinar la energía retenida al inicio del experimento (total 190 pollos). Los pollos recibieron la dieta basal hasta los siete días de edad, a partir del cual se les suministró las dietas experimentales hasta los 21 días de edad. El agua fue suministrado *ad libitum* y el alimento en función a los niveles de alimentación propuestos (at libitum, 85% AL y 70% AL). Los animales fueron pesados a la recepción (un día de edad), a los siete y 21 días (Gous *et al.*, 2018).

Al inicio de la evaluación (7 días) 10 pollos (como se indica líneas arriba) fueron sacrificados (por dislocación cervical sin pérdida de sangre) (Gous *et al.*, 2018) para determinar la energía retenida (ER). Una vez culminado el experimento los pollos fueron sacrificados siguiendo el procedimiento seña-

lado; en ambos casos el sacrificio se hizo después de 8 horas de ayuno, luego los pollos (incluyendo carcasa, plumas y vísceras) fueron congelados (-20°C) para su posterior análisis (Liu *et al.*, 2017; Gous *et al.*, 2018; van der Klein *et al.*, 2020). Los pollos congelados de la misma réplica se cortaron primero en trozos pequeños, luego se mezclaron y molieron con una picadora de carne. El pesaje se realizó antes y después del secado para calcular la materia seca y posteriores análisis (Gous *et al.*, 2018).

### Análisis químico

Se realizó el análisis químico de las dietas e insumos (materia seca [MS], proteína cruda [PC], grasa corporal [EE], fibra cruda [FC], cenizas [CZ], extracto libre de nitrógeno [ELN]) siguiendo el método de la AOAC (2007) (Tabla 2 y 3). Los pollos fueron secadas en una estufa de circulación de aire forzado (55 °C) por 96 horas y remolidas (1 mm) para una adecuada homogeneización (Liu *et al.*, 2017). La energía bruta de las dietas, insumos, pollos y excretas fue determinada en una bomba calorimétrica automática isoperibólica (Parr 6400, USA) utilizando ácido benzoico como estándar (Abdulla *et al.*, 2016). En los pollos y las excretas se analizó la PC, EE, CZ y MS (método AOAC 2007).

### Determinaciones

La producción de calor (PdC) fue calculado como la diferencia entre el consumo de energía metabolizable (CEM) y la energía retenida (ER).

Para determinar la energía neta de mantenimiento (ENm) se estableció la relación entre ER y CEM (*Ad libitum*, 85% AL y 70% AL), aplicando la siguiente regresión lineal:  $ER = -aW^{0.75} + kEM$ ; donde: k: eficiencia de utilización de la Energía Metabolizable,  $W^{0.75}$ : peso en unidades metabólicas; a: ENm.

La energía metabolizable (EM) y la energía neta (EN) de la dieta basal y las dietas experimentales, fueron determinadas utilizando las siguientes ecuaciones:

$EM \text{ (kcal/kg MS)} = (EB \text{ consumida} - EB \text{ excretas}) / \text{Consumo}$ .

$EN \text{ (kcal/kg MS)} = k \times EM$ .

**Tabla 2**

Análisis químico de los insumos empleados en el estudio (base seca)

	Maíz	Subproducto de trigo	Harina de soya	Harina de pescado	Aceite (soya)
Humedad, %	10,31	13,98	11,28	13,37	3,21
Proteína, %	11,38	19,61	49,80	73,23	-
Grasa, %	2,98	4,35	1,92	8,05	100,00
ELN, %	80,96	60,28	36,72	-	-
Fibra cruda, %	2,32	10,53	4,51	-	-
Ceniza, %	2,36	5,23	7,06	18,72	-

ELN: extracto libre de nitrógeno; EB: energía bruta.

Con base a los valores obtenidos de la EM y EN de las dietas, se hizo el cálculo de los insumos, considerando el porcentaje de sustitución (Liu *et al.*, 2016):

$$\text{EM insumo, kcal/g} = [\text{EMP} - \text{EMb} \times (1 - \text{C})] / \text{C}$$

$$\text{EN insumo} = \frac{\text{ENp} - (1 - \text{C}) \text{ENb}}{\text{C}}$$

Donde: EMP: EM de la dieta basal + insumo problema, EMb: EM de la dieta basal, C: Porcentaje de sustitución (P/P), ENb: energía neta basal, ENp: energía neta del insumo problema.

ER (kcal/día) = (ER 21 días – ER 7 días) / 14 días; determinada por bomba calorimétrica. El peso promedio fue expresado en unidades metabólicas ( $W^{0.75}$ ) y los resultados de CEM, ER y PdC fueron expresados en kcal/ $W^{0.75}$ /día.

### Análisis estadístico

Los datos fueron analizados bajo un diseño de bloques completo al azar. Las diferencias significativas entre promedios de los tratamientos se determinaron mediante la prueba de Tukey al 5%, el análisis de covarianza fue utilizado para eliminar el efecto del consumo de EM sobre la producción de calor, puesto que existe una correlación positiva entre consumo y producción de calor (Li *et al.*, 2017; Barzegar *et al.*, 2019). Los análisis estadísticos se realizaron empleando el programa informático SAS/STAT®9.2 (SAS Institute, 2009).

## 3. Resultados y discusión

### Composición nutricional de las dietas

El contenido nutricional de las dietas varió en función al nivel de inclusión del ingrediente en evaluación (Tabla 3) donde, la proteína fue mayor en las dietas con harina de pescado y harina de soya; la grasa en la dieta con aceite de soya, la fibra cruda en la dieta con subproducto de trigo, el ELN en la dieta con maíz, y los niveles más bajos de ELN estaban en las dietas con harina de pescado, harina de soya y aceite.

### Consumo

Los resultados del estudio (Tabla 4) muestran que el consumo de alimento fue similar en las seis dietas ( $p = 0,16$ ), sin embargo, el consumo de energía metabolizable (CEM) fue mayor en la dieta con aceite y maíz, intermedio en las dietas con subproducto de trigo y basal, seguido de la dieta con harina de pescado y menor con la harina de soya ( $p < 0,03$ ).

### Producción de calor

En el presente estudio para eliminar el efecto del consumo de energía metabolizable, la producción de calor (PdC) fue ajustada a consumos de EM comparables (Li *et*

*al.*, 2017; Barzegar *et al.*, 2019), considerando a esta como covariable (Barzegar *et al.*, 2019). La producción de calor (PdC) fue similar en todas las dietas, sin embargo, cuando la PdC fue ajustado por el consumo de energía metabolizable como covariable (CEMc), los valores fueron mayores con harina de pescado, harina de soya, subproducto de trigo y basal, intermedio en la dieta con maíz y menor en la dieta con aceite de soya (Tabla 4;  $p < 0,02$ ), lo que estaría determinado por la composición nutricional (tipo de nutriente) de las dietas que guardan relación con la PdC (van der Klein *et al.*, 2020), la misma que tiene efecto sobre la energía neta, incremento calórico y energía retenida mas no así sobre la energía neta de mantenimiento que fue similar en las distintas dietas.

La menor PdC en la dieta con aceite de soya está relacionado con el elevado contenido de lípidos en la dieta, que habrían determinado un menor incremento calórico y por consiguiente una mayor retención de energía, como grasa y proteína (reflejado en un mayor contenido de energía neta). El incremento calórico es bajo cuando la EM es utilizada para la deposición de grasa comparada con la deposición de proteína (Cerrate-Fernandez *et al.*, 2019); así mismo la vía más eficiente es la síntesis de grasa a partir de la grasa dietaria y que genera una menor producción de calor y la más ineficiente es la síntesis de grasa a partir de la proteína dietaria (Priyankarage *et al.*, 2011).

En cuanto a la dieta con maíz, también presente una menor PdC, que estaría relacionado con el elevado contenido de carbohidratos (ELN) en la dieta (Li *et al.*, 2017), favoreciendo una mayor retención de energía y grasa con un menor incremento calórico, frente a la harina de soya, harina de pescado y subproducto de trigo.

Las dietas con harina de pescado, harina de soya y subproducto de trigo muestran respuestas similares, con una mayor producción de calor, menor energía neta, apreciándose una menor retención de energía, con una mayor ganancia de proteína frente a la grasa; la deposición de proteína contribuye más a la producción de calor que la deposición de grasa (Barzegar *et al.*, 2019; Liu *et al.*, 2016), debido a la mayor excreción de nitrógeno y un mayor incremento calórico que genera (Wu *et al.*, 2019), así mismo la menor EN de las dietas fibrosas incrementa el metabolismo de la grasa con el correspondiente elevado nivel de deposición de proteína, de este modo la alta eficiencia de EM para la deposición de grasa en dietas con bajo nivel de fibra y elevados niveles de lípidos (Jørgensen *et al.*, 1996).

**Tabla 3**

Composición y valores nutricionales de las dietas evaluadas (en materia seca)

Detalle	Basal (B)	B + maíz	B + Subproducto de trigo	B + Harina de soja	B + Harina de pescado	B + Aceite (soya)
Proporción de mezcla, %						
Dieta basal	100,0	60,0	60,0	70,0	70,0	90,0
Insumo en evaluación	-	40,0	40,0	30,0	30,0	10,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Análisis de las dietas, MS						
Humedad, %	11,38	11,70	11,51	11,14	10,28	10,23
Proteína cruda, %	23,57	17,70	19,91	31,67	38,33	21,13
EE, %	3,45	2,77	3,99	3,17	5,49	11,61
ELN, %	63,51	72,27	64,33	54,73	43,90	58,58
Fibra cruda, %	2,73	2,39	5,50	3,42	2,04	2,65

EE: extracto etéreo; ELN: extracto libre de nitrógeno.

El suministro de dietas altas en fibra genera el incremento en el peso de los órganos viscerales (principalmente el peso del ciego), mayor volumen de excretas, disminuyendo la digestibilidad (Jørgensen *et al.*, 1996) lo que resultará en un incremento de la PdC y la pérdida de energía (Barekatin *et al.*, 2014).

#### Energía neta de mantenimiento y energía retenida

No se observaron diferencias significativas para la energía neta de mantenimiento entre las seis dietas ( $p = 0,19$ ). La energía retenida (ER) fue mayor en las dietas con aceite de soya y maíz, seguido de las dietas basal, con subproducto de trigo y harina de soya, siendo menor con la harina de pescado ( $p < 0,01$ ); cuando se realiza el ajuste con CEMc la ER sigue siendo mayor en la dieta con aceite de soya y maíz, intermedio en la dieta basal y menor en las otras dietas (subproducto de trigo, harina de pescado y harina de soya) ( $p < 0,02$ ).

#### Valor energético de las dietas

En la [Tabla 4](#) se presenta los valores de energía y su eficiencia de utilización en las dietas, la EM y EN de las dietas varía en función al tipo de ingrediente incluido como remplazo en la dieta basal. La EM es mayor en la dieta con aceite de soya, intermedio en las dietas con maíz, basal y harina de pescado, siendo menor en las dietas con harina de soya y subproducto de trigo ( $p < 0,01$ ). En cuanto a la EN, el mayor valor fue en la dieta con aceite de soya, intermedio en las dietas basal, dieta con maíz y harina de pescado, siendo inferior en las dietas con subproducto de trigo y harina de soya ( $p < 0,01$ ). Por otro lado, la eficiencia k (EN/EM) fue similar en todas las dietas ( $p = 0,31$ ).

Este mismo comportamiento se observa en la energía neta, donde la dieta con aceite de soya es superior a las otras dietas, seguido de la dieta basal, dieta con maíz y harina de pescado, menor en las dietas con subproducto de trigo y harina de soya, sin embargo

no se aprecian diferencias en la eficiencia de uso de la energía (EN:EM).

Esta superioridad en el valor energético de la dieta con aceite de soya está determinada por su elevado contenido de extracto etéreo y bajo contenido de fibra bruta, favoreciendo ello un mayor consumo de EM y mayor ER. La incorporación de subproducto de trigo y harina de soya reduce los valores de EM y EN, por su mayor contenido en fibra bruta (menor ELN) y mayor contenido de proteína cruda respectivamente, que reducen el consumo de EM y la ER, lo que implica que las diferencias observadas estarían determinados fundamentalmente por la composición de las dietas (Yaghobfar, 2016; Zuidhof, 2019; Barekatin, 2014).

#### Valores energéticos de los insumos

Los valores de energía de los insumos y uso de la misma que se presentan en la [Tabla 5](#), muestran que el contenido de energía bruta difiere entre los cinco insumos ( $p < 0,01$ ) siendo mayor en el aceite de soya seguido de la harina de pescado, harina de soya, subproducto de trigo y maíz. La energía metabolizable es superior en el aceite de soya, seguido del maíz, harina de pescado e inferior en la harina de soya y subproducto de trigo ( $p < 0,01$ ).

La energía neta difiere entre ingredientes, fue mayor en el aceite de soya frente a los otros insumos, seguido del maíz, harina de pescado y menor en el subproducto de trigo y harina de soya ( $p < 0,01$ ). La metabolizabilidad es mayor en el aceite de soya, seguido del maíz, harina de pescado, siendo menor con la harina de soya y el subproducto de trigo ( $p < 0,01$ ). La eficiencia de utilización de la energía (EN:EM) muestra que el aceite de soya tiene la eficiencia más alta, seguido del maíz y subproducto de trigo, frente a los otros insumos (harina de soya y harina de pescado) que no guardan diferencias entre sí ([Tabla 5](#);  $p < 0,01$ ).

El análisis químico, la EM y EN de los insumos empleados en el presente estudio,

muestran variaciones con respecto a las tablas de referencia, así se tiene que, en el maíz, la EM es similar (3734 kcal/kg MS) a las tablas de la NRC (3764 kcal/kg MS), tablas brasileñas (3741 kcal/kg MS) y superior a las tablas del INRA (3621 kcal/kg MS) y, a lo reportado por Pirgozliev y Rose (1999) (3558 kcal/kg BS); Swick *et al.* (2014) reporta un valor de 3298 kcal/kg BS, Gous y Dennison (1983) determinaron un valor de 3247 kcal/kg pero no indican si es en base seca o base como se da, Liu *et al.* (2016) determina en promedio para cuatro tipos de maíz 3824 kcal/kg MS.

Para el subproducto de trigo, la EM fue de 2197 kcal/kg MS, que es inferior a la NRC (2273 kcal/kg MS) y superior al de las tablas brasileñas (2045 kcal/kg MS) e INRA (1837 kcal/kg MS).

En la harina de soya la EM es inferior (2477 kcal/kg MS) a la NRC (2506 kcal/kg MS), INRA (2529 kcal/kg MS) y tablas brasileñas (2520 kcal/kg MS), por su parte Swick *et al.* (2014) determina un valor de 2398 kcal/kg MS para harina de soya, Pirgozliev y Rose (1999) reporta para la harina de soya bajo en grasa un valor de 2269 kcal/kg MS, Liu *et al.* (2016) indica en promedio un valor de 2536 kcal/kg MS.

La EM de la harina de pescado (3289 kcal/kg MS) es superior a la NRC (2804 kcal/kg MS), tablas brasileñas (3020 kcal/kg MS) e inferior al INRA (3516 kcal/kg MS), por su parte Pirgozliev y Rose (1999) reportan un valor de 3200 kcal/kg MS, Rojas y Arana (1981) determinan 3400 y 2930 kcal/kg MS para harina de anchoveta entera y desgrasada respectivamente, Gous y Dennison (1983) determinaron un valor de 3247 kcal/kg.

En el aceite de soya, la EM es mayor (8767 kcal/kg MS) a la NRC (8333 kcal/kg MS) y a lo reportado por Abdulla *et al.* (2016) con 8401 kcal/kg, pero inferior a las tablas brasileñas (8825 kcal/kg MS) e INRA (9003 kcal/kg MS); por su parte Rojas y Arana (1981) reportan 8550 y 8250 kcal/kg MS para el aceite semi-

rrefinado e hidrogenado de anchoveta respectivamente, Sibbald (1975) indica que para el aceite de maíz la EM es de 9400 kcal/kg MS, Halloran y Sibbald (1979) reportan valores inferiores (7018 kcal/kg MS) para grasas. Variaciones en los valores de EM en aceites están influenciados principalmente por su ingestión y factores como la ausencia o presencia de enlaces éster (ácidos grasos libres o triglicéridos), número de dobles enlaces, longitud de la cadena carbónica, composiciones de ácidos grasos libres (Abdulla *et al.*, 2016).

Las diferencias observadas en la EM entre los ingredientes y las tablas de referencia estarían determinadas por las variaciones en la composición nutricional de los mismos, principalmente de proteína y extracto etéreo (Alvarenga *et al.*, 2015; Cerrate-Fernandez *et al.*, 2019).

Las variaciones en el contenido de EN entre insumos estarían determinadas por el contenido de nutrientes de los mismos (Pirgozliev y Rose, 1999) y la eficiencia de utilización de los carbohidratos, lípidos y proteínas, que es mayor en los lípidos, intermedio en los carbohidratos y menor en las proteínas (Swick *et al.*, 2013), en el caso del subproducto de trigo, la presencia del elevado nivel de nivel de fibra (10.53%) sería la razón para su menor nivel de EN, ya que dietas con niveles elevados de fibra muestran valores bajos de EN (Jørgensen *et al.*, 1996). El contenido de EN determinado en el aceite de soya es menor (7550 kcal/kg MS) a lo reportado por Cerrate y Coon (2010) quienes determinan un valor de 7797 kcal/kg MS. Para el maíz el valor determinado (2527 kcal/kg MS) es superior a lo reportado por Pirgozliev y Rose (1999) con un valor de 2507 kcal/kg MS, e inferior a lo indicado por Swick *et al.* (2014) con un valor de 2823 kcal/kg MS, Liu *et al.* (2017) menciona valores elevados (3023 kcal/kg MS) que es superior a lo determinado en el presente estudio y a lo determinado por los otros autores.

**Tabla 4**

Efecto del tipo de dieta y nivel de alimentación en el crecimiento de los pollos

	Basal	B + maíz	B + SPT	B +HS	B + HP	B + AS	Valor p
Peso promedio, g	813 <sup>c</sup>	798 <sup>c</sup>	796 <sup>c</sup>	876 <sup>bc</sup>	964 <sup>ab</sup>	969 <sup>a</sup>	<0,01
Consumo, g MS	927	1078	1111	1027	960	1031	0,16
EM (kcal/kg MS)	3588 <sup>b</sup>	3653 <sup>b</sup>	3107 <sup>c</sup>	3115 <sup>c</sup>	3556 <sup>b</sup>	4223 <sup>a</sup>	<0,01
CEM (Kcal/W <sup>0.75</sup> /día)	330 <sup>b</sup>	380 <sup>a</sup>	340 <sup>b</sup>	280 <sup>d</sup>	291 <sup>c</sup>	378 <sup>a</sup>	<0,03
PdC (Kcal/W <sup>0.75</sup> /día)	182	203	207	154	172	195	0,33
PdC (EMc)(Kcal/W <sup>0.75</sup> /día)	185 <sup>ab</sup>	162 <sup>bc</sup>	201 <sup>a</sup>	201 <sup>a</sup>	209 <sup>a</sup>	155 <sup>c</sup>	0,02
ENm (Kcal/W <sup>0.75</sup> /día)	75,28	85,55	91,31	75,89	62,43	83,02	0,19
ER (Kcal/W <sup>0.75</sup> /día)	148 <sup>bc</sup>	177 <sup>a</sup>	133 <sup>bc</sup>	126 <sup>bc</sup>	119 <sup>c</sup>	183 <sup>a</sup>	<0,01
ER (EMc)(Kcal/W <sup>0.75</sup> /día)	148 <sup>bc</sup>	171 <sup>ab</sup>	132 <sup>c</sup>	132 <sup>c</sup>	124 <sup>c</sup>	178 <sup>a</sup>	0,02
EN (kcal/kg MS)	2583 <sup>b</sup>	2560 <sup>b</sup>	2189 <sup>c</sup>	2233 <sup>c</sup>	2359 <sup>bc</sup>	3080 <sup>a</sup>	<0,01
EN : EM (%)	71,15	69,73	68,87	69,46	66,25	73,82	0,31

SPT: subproducto de trigo, HS: harina de soya, HP: harina de pescado, AS: aceite de soya, EM: energía metabolizable, CEM: consumo de energía metabolizable, PdC: producción de calor, EN: energía neta, ENm: energía neta de mantenimiento, ER: energía retenida, EMc: energía metabolizable como covariable, W<sup>0.75</sup>: peso en unidades metabólicas.

La harina de soya tuvo un contenido de EN de 1417 kcal/kg MS, que es mayor al valor reportado por [Pirgozliev y Rose \(1999\)](#) para una soya con bajo contenido de grasa (1242 kcal/kg MS), por su parte [Swick \*et al.\* \(2014\)](#) menciona un valor de 1373 kcal/kg MS y [Choct \(2004\)](#) determino un valor de 1848 kcal/kg MS para una harina de soya con 48% de proteína cruda, [Cerrate y Coon \(2010\)](#) determina un valor de 1394 kcal/kg MS, [Liu \*et al.\* \(2016\)](#) reporta un valor 1618 kcal/kg MS en promedio, en las tablas brasileñas se considera un valor de 1849 kcal/kg MS, para una harina de soya con 50% de proteína cruda, que es superior a lo determinado en el presente estudio.

En el subproducto de trigo la EN determinada (1598 kcal/kg MS) fue mayor a lo calculado por [Wu \*et al.\* \(2019\)](#) quien reporta un valor de 1445 kcal/kg a partir del análisis químico y EMn del insumo, en el presente estudio el subproducto de trigo empleado tuvo mayor contenido de proteína, grasa y carbohidratos solubles, que habrían determinado este mayor aporte energético.

La harina de pescado tuvo un contenido de EN de 1837 kcal/kg MS que es inferior a lo reportado por [Pirgozliev y Rose \(1999\)](#) (2030 kcal/kg BS), y a los valores reportados en las tablas brasileñas (2351 a 2501 kcal/kg MS), por su parte [Cerrate y Coon \(2010\)](#) determinan un valor de 1859 kcal/kg MS, que es similar al del presente estudio.

En términos generales la eficiencia (EN:EM) determinada en el presente estudio, guarda relación con reportes previos ([Wu \*et al.\*, 2019](#); [Liu \*et al.\*, 2016](#)); las variaciones en las eficiencias (EN:EM), están dadas principalmente por la composición nutricional de los insumos ([Choct, 1999](#); [Barekatin \*et al.\*, 2014](#); [Jørgensen \*et al.\*, 1996](#); [Cerrate-Fernandez \*et al.\*, 2019](#)); dietas con altas concentraciones de fibra cruda, fibra detergente ácido y proteína cruda producen elevados valores de incremento calórico y bajas relaciones EN:EM ([Swick \*et al.\*, 2013](#); [Barzegar \*et al.\*, 2019](#)), sin embargo diferentes estudios también vienen mostrando que la inclusión de niveles moderados de fibra en la dieta de pollos incrementan la digestibilidad pero no se tiene establecido el nivel adecuado de inclusión, ya que este efecto depende de la fuente y tipo de fibra ([Mtei \*et al.\*, 2019](#)) el mismo que afectaría su eficiencia energética.

Por otro lado, dietas con elevados niveles de aceite mejoran la eficiencia de uso de la energía reduciendo el incremento calórico (guarda una alta correlación positiva con la EN) ([Barzegar \*et al.\*, 2019](#); [Wu \*et al.\*, 2019](#)). [De Groot \(1974\)](#) reporta valores de 0,60; 0,90 y 0,75 para la proteína cruda, grasa y

almidón + azúcar, indicando que ello refleja diferencias en la eficiencia con la cual la EM de estos insumos es utilizada para crecimiento, [Swick \*et al.\* \(2014\)](#) para maíz y harina de soya reporta una eficiencia de 0,86 y 0,57 respectivamente, por su parte [Gous \(2010\)](#) indica que los insumos ricos en proteína tienen una relación EN:EM promedio de 0,63, en cereales tienen valores alrededor de 0,73 y para grasas y aceites la relación fue de 0,90; [Cerrate-Fernandez \*et al.\* \(2019\)](#) reportan valores de k para carbohidratos 68%, grasas 86% y para proteínas 76% a 59%, que están dentro de los rangos establecidos por diferentes estudios; de otro lado [Cerrate y Coon \(2010\)](#) establecen valores para k de 60,8%, 60,5%, 88,6% en la harina de pescado, harina de soya y aceite de maíz respectivamente; los resultados del presente estudio están dentro de los rangos reportados por la mayor parte de investigadores antes citados.

En cerdos la relación EN/EM varía grandemente con la composición química de las dietas y nutrientes, con relaciones para grasas (90%) y almidones (80%) que son elevadas frente a las proteínas y fibra dietaria (60%), en pollos los valores son similares, pero con pequeñas diferencias entre nutrientes ([Noblet \*et al.\*, 2010a](#)); además datos experimentales de [Noblet \*et al.\* \(2010b\)](#) indican que la relación EN:EM varía grandemente con la composición química de las dietas completas y nutrientes específicos (grasas > almidones > proteínas = fibra) para animales monogástricos.

En la [Tabla 6](#) se muestra un resumen de los valores de EM y EN determinados en el estudio en comparación a los de la literatura. La EM del maíz fue superior al promedio de la literatura en 22 kcal (0,59%), esta diferencia es mayor con el subproducto de trigo en 513 kcal (23,35%), la harina de soya fue mayor en 25 kcal (1,0%). La harina de pescado fue mayor en 142 kcal (4,32%) en el presente estudio y el aceite de soya fue mayor en 265 kcal (3,02%) en comparación a los valores de la literatura.

Para el maíz el valor de EN determinado fue inferior al promedio analizado en la literatura en 319 kcal (11,21%), el subproducto de trigo tuvo un valor superior en 317 kcal (19,84%), cuyo rango de variación muestra una discrepancia marcada entre el valor mínimo y máximo, producto de la escasa información encontrada en la literatura. Harina de soya fue inferior al promedio en 118 kcal (7,69%), al igual que la harina de pescado en 314 kcal (14,60%), y el aceite de soya en 101 kcal (1,32%).

**Tabla 5**

Valores de energía y uso de la energía en los insumos en evaluación

	Maíz	Subproducto de trigo	Harina de soja	Harina de pescado	Aceite de soja	E.E.	Valor p
Valores de energía (kcal/kg de MS)							
Energía bruta	4464 <sup>e</sup>	4604 <sup>d</sup>	4675 <sup>c</sup>	4895 <sup>b</sup>	9396 <sup>a</sup>	11,13	<0,01
Energía metabolizable (EM)	3734 <sup>b</sup>	2197 <sup>d</sup>	2477 <sup>d</sup>	3289 <sup>c</sup>	8767 <sup>a</sup>	83,82	<0,01
Energía neta (EN)	2527 <sup>b</sup>	1598 <sup>c</sup>	1417 <sup>c</sup>	1837 <sup>bc</sup>	7550 <sup>a</sup>	157,82	<0,01
Eficiencia de uso de la energía, %							
Metabolicidad, %	83,66 <sup>b</sup>	47,73 <sup>d</sup>	52,99 <sup>d</sup>	67,20 <sup>c</sup>	93,31 <sup>a</sup>	1,40	<0,01
EN : EM	67,68 <sup>b</sup>	73,02 <sup>b</sup>	57,23 <sup>c</sup>	55,88 <sup>c</sup>	86,21 <sup>a</sup>	1,93	<0,01

**Tabla 6**

Comparación de valores determinados en el estudio y la literatura, kcal/kg MS

Ingrediente	Valores de este estudio	Promedio en literatura científica	Valores Mínimo y máximo en literatura científica	Referencias
<b>Maíz</b>				
EMn	3734	3712	3110 - 4420	a,b,c,d,f,h
EN	2527	2846	2507 - 3146	b,c,g,h,m
<b>Subproducto de trigo</b>				
EMn	2197	1684	1300 - 2273	a,c,f
EN	1598	1281	926 - 1635	c,o
<b>Harina de soja</b>				
EMn	2477	2452	1650 - 2792	a,b,c,d,f,g,h,i
EN	1417	1535	1242 - 1849	b,g,h,i,n
<b>Harina de pescado</b>				
EMn	3289	3147	2445 - 4035	a,c,f,g,i,j
EN	1837	2151	1859 - 2501	c,g,l
<b>Aceite de soja</b>				
EMn	8767	8502	7427 - 9260	c,e,f,k,l
EN	7550	7651	6462 - 8100	c,l

<sup>a</sup>NRC, 1994; <sup>b</sup>Liu *et al.*, 2016; <sup>c</sup>Rostagno *et al.*, 2017; <sup>d</sup>Alvarenga *et al.*, 2011; <sup>e</sup>Tancharoenrat *et al.*, 2013; <sup>f</sup>INRA, 2004; <sup>g</sup>Pirgozliev y Rose, 1999; <sup>h</sup>Swick *et al.*, 2014; <sup>i</sup>Gous y Dennison, 1983; <sup>j</sup>Rojas y Arana, 1981; <sup>k</sup>Abdulla *et al.*, 2016; <sup>l</sup>Cerrate y Coon, 2010; <sup>m</sup>Liu *et al.*, 2017; <sup>n</sup>Choct, 2004; <sup>o</sup>Wu *et al.*, 2019.

Las diferencias en los valores de EN de los ingredientes reportados en el presente estudio con relación a los de la literatura, estarían determinadas principalmente por el contenido de nutrientes de los mismos (Pirgozliev y Rose, 1999) y la eficiencia de utilización (Swick *et al.*, 2013), adicionalmente se podría atribuir a la metodología empleada, tipo de animales utilizados en el estudio, composición de la dietas, nivel de procesamiento de los ingredientes, los cuales varían entre instituciones de investigación (Mateos *et al.*, 2018).

#### 4. Conclusiones

La EM y EN del maíz, subproducto de trigo, harina de soja, harina de pescado y aceite de soja fue de 3734, 2197, 2477, 3289, 8767 kcal/kg MS y 2527, 1598, 1417, 1837, 7550 kcal/kg MS respectivamente, estos valores constituyen un insumo para realizar estudios de respuesta a diferentes niveles de energía neta en pollos y diseñar dietas más eficientes a nivel productivo. Generar modelos de predicción para estimar la energía neta a partir de la ENm y la ER que permita simplificar la determinación de la energía neta en pollos, así como establecer modelos de predicción de la energía neta en base a la composición químico nutricional con aplicación de Espectrometría de Infrarrojo Cercano (NIRS).

#### Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero brindado por la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, así mismo a la Unidad de Investigación en Aves del Departamento de Nutrición de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina, por habernos brindado sus instalaciones y equipamiento para el desarrollo del estudio.

#### ORCID

J.E. Moscoso-Muñoz  <https://orcid.org/0000-0001-5884-9718>

O. Gomez-Quispe  <https://orcid.org/0000-0002-7517-772X>

V. Guevara-Carrasco  <https://orcid.org/0000-0002-3261-5160>

#### Referencias bibliográficas

- Abdulla, N.R.; Loh, T.C.; Akit, H.; *et al.* 2016. A Note Comparing the Apparent Metabolizable Energy of Three Oil Sources and their Combination in Broiler Chickens. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* 39(4): 617-624.
- AOAC (Official Methods of Analysis). 2007. 18th ed. Arlington Association of Official Chemists. Washington D.C., USA.
- Alvarenga, R.R.; Rodrigues, P.B.; Zangeronimo, M.G.; *et al.* 2015. Validation of Prediction Equations of Energy Values of a Single Ingredient or Their Combinations in Male Broilers. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 28(9): 1335-1344.
- Alvarenga, R.R.; Rodrigues, P.B.; Zangeronimo, M.G.; *et al.* 2011. Energetic values of feedstuffs for broilers determined with in vivo assays and prediction equations. *Animal Feed Science and Technology* 168: 257-266.
- Barekatin, M.R.; Noblet, J.; Wu, S.B.; *et al.* 2014. Effect of Sorghum Distillers Dried Grains with Solubles and Microbial Enzymes on Metabolizable and Net Energy Values of Broiler Diets. *Poultry Science* 93(11): 2793-2801.

- Barzegar, Sh.; Wu, S.B.; Choct, M.; *et al.* 2019. Factors affecting energy metabolism and evaluating net energy of poultry feed. *Poultry Science* 0: 1-12.
- Cerrate, S.; Coon, C. 2010. Estimation of net energy values of Feedstuffs by simulation of biochemical reactions in broiler chicks. *J. Anim. Sci.* Vol. 88: E-Suppl. 2.
- Cerrate-Fernandez, S.; Ekmya, R.; England, J.A.; *et al.* 2019. Predicting nutrient digestibility and energy value broilers. *Poultry Science* 0: 1-14.
- Classen, H.L. 2016. Diet energy and feed intake in chickens. *Animal Feed Science and Technology*.
- Choct, M. 2004. The net energy value for commonly used plant ingredients for poultry in Australia. Australian Government. Rural Industries Research and Development Corporation. RIRDC. N° 04. 58 pp.
- De Groote, G. 1974. A comparison of a new net energy system with the metabolizable energy system in broiler diet formulation, performance and profitability. *British Poultry Science*, 15(1): 75-95.
- Gous, R.M.; Dennison, C. 1983. The metabolizable energy content of some South African feedingstuffs evaluated with poultry. *South African Journal of Animal Science* 13 (3): 147.
- Gous, R.M. 2010. An effective alternative to the metabolizable energy system. *Aust. Poult. Sci. Symp.* Pp. 36-43.
- Gous, R.M.; Faulkner, A.S.; Swatson, H.K. 2018. The effect of dietary energy:protein ratio, protein quality and food allocation on the efficiency of utilisation of protein by broiler chickens. *British Poultry Science* 59(1): 100-109
- Halloran, H.R. and Sibbald, I.R. 1979. Metabolizable energy values of fats measured by several procedures. *Poultry Science* 58: 1299-1307.
- INRA. 2004. Tables of composition and nutritional value of feed materials. 2nd revised and corrected edition. Wageningen Academic Publishers. Netherlands. 304 pp.
- Jørgensen, H.; Xin-Quan Z.; Knud E.; *et al.* 1996. The influence of dietary fibre source and level on the development of the gastrointestinal tract, digestibility and energy metabolism in broiler chickens. *British Journal of Nutrition* 75: 379-395.
- Li, Z.; Li, Y.; Lu, Z.; *et al.* 2017. Net energy of corn, soybean meal and rapeseed meal in growing pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 8(1): 44.
- Liu, D.W.; Liu, L.; Li, D.F.; *et al.* 2015. Determination and prediction of the net energy content of seven feed ingredients fed to growing pigs based on chemical composition. *Animal Production Science* 55: 1152-1163.
- Liu, W.; Chang H.L.; Wu, Z.K.; *et al.* 2017. Estimation of the net energy requirement for maintenance in broilers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 30(6): 849-56.
- Liu, W.; Liu, G.H.; Liao, R.B.; *et al.* 2016. Apparent metabolizable and net energy values of corn and soybean meal for broiler breeding cocks. *Poultry Science* 0: 1-9.
- Mateos, G.G.; Cámara, G.; Fondevila, G.; *et al.* 2018. Critical review of the procedures used for estimation of the energy content of diets and ingredients in poultry. *J. Appl. Poult. Res.* 0: 1-20.
- 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(2): 65-65.
- Morgan, N.K.; Keerqin, C.; Wallace, A.; *et al.* 2019. Effect of arabinoxylooligosaccharides and arabinoxylans on net energy and nutrient utilization in broilers. *Animal Nutrition* 5: 56-62.
- Mtei, A.W.; Abdollahi, M.R.; Schreurs, N.; *et al.* 2019. Dietary inclusion of fibrous ingredients and bird type influence apparent ileal digestibility of nutrients and energy utilization. *Poultry Science* 98: 6702-6712.
- NRC. 1994. Nutrient requirements of poultry. Ninth revised edition. National Academy of Science. National Academy Press, Washintong, D.C. USA. 157 pp.
- Noblet, J.; Van Milgen, J., Dubois, S. 2010a. Utilisation of metabolisable energy of feeds in pigs and poultry: interest of net energy systems?. *Aust. Poult. Sci. Symp.* p. 26-34.
- Noblet, J.; Dubois, S.; Labussière, E.; *et al.* 2010b. Metabolic utilization of energy in monogastric animals and its implementation in net energy systems. Proceedings of the 3rd international symposium on energy and protein metabolism and nutrition. European Federation of Animal Science. G. M. Croveto. Parma Italy 6-10 September, 2010.
- Noblet, J. 2015. Comparative interests and limits of metabolizable energy and net energy for evaluating poultry and pig feeds. 20th European Symposium on Poultry Nutrition, Prague, Czech Republic, 24-27 August, 2015.
- Pirgozliev, V. and Rose, S.P. 1999. Net energy systems for poultry feeds: a quantitative review net energy systems for poultry feeds. *Poultry Science Journal* Vol. 55: 23-36.
- Priyankarage, N.; Rose, S.P.; Pirgozliev, V.R. 2011. Energy, energy requirement and different energy systems in poultry. *S. L. Vet. Journal* 58(A): 1-22.
- Ravindran, V.; Adeola, O.; Rodehutsord, M.; *et al.* 2017. Determination of ileal digestibility of amino acids in raw materials for broiler chickens - Results of collaborative studies and assay recommendations. *Anim. Feed Sci. Technol.* 225: 62-72.
- Rojas, S.W. and Arana, C.M. 1981. Metabolizable Energy Values of Anchovy Fish Meal and Oil for Chicks. *Poultry Science* 60(10): 2274-77.
- Rostagno, H.S.; Teixeira A.L.F.; Hannas, M.I.; *et al.* 2017. Tablas Brasileñas para aves y cerdos. Composición de alimentos y requerimientos nutricionales. 4ª edición. Universidad Federal de Viçosa - Departamento de Zootecnia. Brasil. 488 pp.
- Sakomura, N.K.; Rostagno, H.S. 2017. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. *Impressão Silvamarts, Gráfica e Editora - Campinas/SP.* Brasil p. 262.
- Sarwar, G.; Akhter, Sh.; Hassan Khan, S.; *et al.* 2015. Effect of different dietary protein and energy levels on the growth performance, meat and body fat composition in broiler chicks. *Pak. J. Agri. Sci.* Vol. 52(4): 1121-1125.
- SAS Institute Inc. 2009. University edition. User guide, Cary NC., U.S.A. 296 pp.
- Sibbald, I.R. 1975. The effect of level of feed intake on metabolizable energy values measured with adult roosters. *Poultry Science* 54(6): 1990.
- Stefanello, C.; Vieira, S.L.; Riosa, H.V.; *et al.* 2016. Energy and nutrient utilisation of broilers fed soybean meal from two different Brazilian production areas with an exogenous protease. *Animal Feed Science and Technology* 221, Part B: 267-273.
- Swick, R.A.; Wu, S.B.; Jianjun Z.; *et al.* 2013. Implications and development of a net energy system for broilers. *Animal Production Science* 53(11): 1231-37.
- Swick R.; Wu S.B.; Rodgers, N.; *et al.* 2014. Energy systems for broilers - recent development and relevance for feed formulation. Conference paper. Queenstown, New Zealand.
- Tancharoenrat, P.; Ravindrana, V.; Zaefariana, F.; *et al.* 2013. Influence of age on the apparent metabolisable energy and total tract apparent fat digestibility of different fat sources for broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology* 186: 186-192.
- van der Klis, J.D. and Jansman, A.J.M. 2019. Net energy in poultry: Its merits and limits. *J. Appl. Poult. Res.* 28: 499-505.
- van der Klein, S.A.S.; More-Bayona, J.A.; Barreda, D.R.; *et al.* 2020. Comparison of mathematical and comparative slaughter methodologies for determination of heat production and energy retention in broilers, *Poultry Science* Vol. 99(6): 3237-3250

- Wei, L.; Chang, H.L.; Zheng, K.W.; *et al.* 2017. Estimation of the net energy requirement for maintenance in broilers. *Asian-Australas Journal of Animal Sciences* Vol. 30(6): 849-856.
- Wu, S.-B.; Swick, R.A.; Noblet, J.; *et al.* 2019. Net energy prediction and energy efficiency of feed for broiler chickens. *Poultry Science* 98: 1222-1234.
- Yaghobfar, A. 2016. The efficiency of AMEn and TMEn utilization for NE in broiler diets. *Brazilian Journal of Poultry Science* Vol. 18(1): 47-56.
- Zuidhof, M.J. 2019. A review of dietary metabolizable and net energy: Uncoupling heat production and retained energy. *J. Appl. Poult. Res.* 28: 231-241.