

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE ZOOTECNIA



**“DIGESTIBILIDAD Y ESTIMACIÓN DE LA ENERGÍA DIGESTIBLE
DE LA TORTA DE PALMISTE (*Elaeis guineensis*) EN CUYES
(*Cavia porcellus*)”**

**TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE
INGENIERO ZOOTECNISTA**

LUIS ARTURO VELA ROMÁN

LIMA – PERÚ

2020

**La UNALM es titular de los derechos de la presente tesis
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE ZOOTECNIA

**“DIGESTIBILIDAD Y ESTIMACIÓN DE LA ENERGÍA
DIGESTIBLE DE LA TORTA DE PALMISTE (*Elaeis guineensis*) EN
CUYES (*Cavia porcellus*)”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO ZOOTECNISTA**

Presentado por:

LUIS ARTURO VELA ROMÁN

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Ing. Víctor Hidalgo Lozano

Presidente

Ing. Víctor Vergara Rubín

Miembro

M.V. Aída Cordero Ramírez

Miembro

Ing. Alejandrina Sotelo Méndez

Patrocinadora

DEDICATORIA

A mi madre, por su amor incondicional, sacrificio, dedicación, consejos, ejemplo diario de perseverancia y apoyo incondicional en todos mis proyectos de vida.

AGRADECIMIENTOS

A la Ing. Alejandrina Sotelo por su gran apoyo, paciencia, confianza y motivación constante para la realización de este trabajo de investigación.

Al laboratorio de Evaluación Biológica de Alimentos donde se llevó a cabo la parte experimental del trabajo de investigación.

A La Molina Calidad Total Laboratorios – UNALM (LMCTL) que brindaron los resultados de los análisis.

A mis compañeros y amigos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, quienes me acompañaron y apoyaron en esta etapa de investigación.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
	2.1. Torta de palmiste.....	3
	2.1.1. Obtención y procesamiento de la torta de palmiste.....	4
	2.1.2. Características nutritivas de la torta de palmiste.....	6
	2.1.3. Utilización de la torta de palmiste en alimentación animal.....	9
	2.2. Digestibilidad.....	10
	2.2.1. Métodos para la determinación de la digestibilidad.....	11
	2.2.2. Factores que afectan la digestibilidad.....	13
	2.3. Energía digestible	14
	2.4. Fisiología digestiva el cuy.....	16
	2.5. Requerimientos nutricionales del cuy.....	17
III.	METODOLOGÍA.....	19
	3.1.Lugar de estudio.....	19
	3.2.Instalaciones y equipos	19
	3.3.Animales experimentales.....	19
	3.4.Ingrediente evaluado.....	20
	3.5.Dieta basal y experimental.....	20
	3.6.Prueba de consumo y digestibilidad.....	20
	3.6.1. Adaptación y consumo voluntario.....	20
	3.6.2. Prueba de digestibilidad.....	21
	3.7.Cálculo de los coeficientes de digestibilidad.....	21
	3.8.Estimación de la energía digestible.....	25
	3.9.Parámetros estadísticos.....	25
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
	4.1.Digestibilidad de la torta de palmiste.....	26
	4.2.Energía digestible de la torta de palmiste en base seca.....	30
V.	CONCLUSIONES.....	32
VI.	RECOMENDACIONES.....	33
VII.	BIBLIOGRAFÍA	34
VIII.	ANEXOS.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de la torta de palmiste tipo expeller extraído por prensado y con solvente	8
Tabla 2: Energía digestible de diferentes insumos en cuyes	15
Tabla 3: Requerimientos nutricionales del cuy.....	18
Tabla 4: Análisis químico proximal de la torta de palmiste	23
Tabla 5: Análisis químico proximal y energético de la dieta basal y experimental ...	24
Tabla 6: Coeficientes de digestibilidad aparente de cada nutriente de la torta de palmiste en base seca	27
Tabla 7: Energía digestible de la torta de palmiste a partir del cálculo de energía digestible de las dietas basal y experimental en base seca.....	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Procesamiento para obtener torta de palmiste	5
--	---

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Ecuación para la estimación de la energía bruta (Alimentation Equilibre Commentry (AEC), 1978).....	47
Anexo 2: Cantidad de dieta basal consumida por cada animal.....	48
Anexo 3: Cantidad de dieta experimental consumida por cada animal.....	50
Anexo 4: Peso de las heces de los animales alimentados con la dieta basal	52
Anexo 5: Peso de las heces de los animales alimentados con la dieta experimental	53
Anexo 6: Composición químico proximal y energética de las heces con dieta basal.....	54
Anexo 7: Composición químico proximal y energética de las heces con dieta experimental	55
Anexo 8: Nutrientes ingeridos y excretados en la dieta basal en base seca.....	56
Anexo 9: Cálculo de los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes de la dieta basal.....	57
Anexo 10: Nutrientes ingeridos y excretados en la dieta experimental en base seca.....	58
Anexo 11: Cálculo de los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes de la dieta experimental.....	59
Anexo 12: Cálculo de los coeficientes de digestibilidad de la torta de palmiste.....	60
Anexo 13: Energía digestible de la dieta basal (base seca).....	61
Anexo 14: Energía digestible de la dieta experimental (base seca)	62
Anexo 15: Energía digestible de la torta de palmiste	63

RESUMEN

La prueba de consumo voluntario se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Evaluación Biológica de Alimentos que pertenece al Departamento Académico de Nutrición Animal de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina y los análisis químicos proximales se realizaron en La Molina Calidad Total Laboratorios – UNALM (LMCTL-UNALM). El objetivo del estudio fue determinar la digestibilidad de los nutrientes y estimar la energía digestible de la torta de palmiste (*Elaeis guineensis*) a través de ensayos de digestibilidad *in vivo* en 10 cuyes machos con un peso promedio de 725 g. El estudio se llevó a cabo en dos partes, una llamada periodo de adaptación que duró 14 días y una segunda etapa llamada experimental que duró cinco días, en esta última etapa se suministraron dos dietas, una basal compuesta por 100 % de subproducto de trigo que se dio a cinco cuyes y una dieta experimental compuesta por 40% de torta de palmiste y 60% de subproducto de trigo que se dio a los otros cinco cuyes. Los coeficientes de digestibilidad de la torta de palmiste se determinaron a partir del método indirecto y se estimó de la energía digestible utilizando la fórmula descrita por Crampton y Harris (1974). Los coeficientes de digestibilidad de la torta de palmiste que se determinaron para cada nutriente son: 69.14% de materia seca, 69.96% de proteína bruta, 81.37% de extracto etéreo, 60.88% de fibra cruda, 52.99% de ceniza y 65.75% de extracto libre de nitrógeno, además se estimó el valor de la energía digestible de la torta de palmiste en 3500 kcal/kg.

Palabras clave: coeficiente de digestibilidad, energía digestible, basal, experimental, método indirecto.

SUMMARY

The voluntary intake test was carried out in the facilities of the Laboratory of Biological Evaluation of Foods that belongs to the Academic Department of Animal Nutrition, Faculty of Zootechnics Universidad Nacional Agraria La Molina. Proximal chemical analyzes were performed at La Molina Calidad Total Laboratories – UNALM (LMCTL-UNALM). The objective of the study was to determine the digestibility of nutrients and estimate the digestible energy of palm kernel cake (*Elaeis guineensis*) through *in vivo* digestibility tests in 10 male guinea pigs with an average weight of 725 g. The study was carried out in two parts, first stage called adaptation period that lasted 14 days and a second stage called experimental period that lasted five days, two diets were supplied in this last stage, a baseline composed of 100% of wheat sub product that was given to the other five guinea pigs and an experimental diet consisting of 40% palm kernel cake and 60% of wheat sub product was given to the other five guinea pigs. The digestibility coefficients of palm kernel cake were determined from the indirect method and estimated from digestible energy using a formula described by Crampton and Harris (1974). The digestibility coefficients of palm kernel cake that were determined for each nutrient are: 69.14% dry matter, 69.96% crude protein, 81.37% ethereal extract, 60.88% crude fiber, 52.99% ash and 65.75% extract nitrogen free, in addition the value of digestible energy of palm kernel cake was estimated at 3500 kcal/kg.

Keywords: digestibility coefficient, digestible energy, baseline, experimental, indirect method.

I. INTRODUCCIÓN

El cuy (*Cavia porcellus*), es un mamífero roedor, nativo de los andes sudamericanos (Hidalgo *et al.* 1995), como Bolivia, Perú, Colombia, Ecuador y el norte de Argentina, en otras partes del mundo son utilizados en pruebas de laboratorio (Aliaga, 2009). Para el año 2017 según la última Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) realizada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) se estimó una población de 17,4 millones de cuyes y la Dirección General de Ganadería con información del ENA estimó una producción anual de 21 103 toneladas de carne de cuy alcanzando así, un consumo per cápita de 0,66 kg/hab./año (DGPA, 2017).

La explotación comercial de esta especie viene tomando mayor importancia y ello se puede ver reflejado en el incremento de investigaciones cuya finalidad es obtener mejores beneficios en calidad de carne, peso a la saca, costo de producción y precio de venta competitivo (Chauca, 1997). Entre los diversos factores a tomar en cuenta para lograr estos beneficios, tenemos la alimentación, determinante en la eficiencia productiva y en la rentabilidad de la explotación comercial, representando un 60% de los costos totales de producción, por ello, una alternativa para mejorar la rentabilidad de la explotación es disminuir los costos de alimentación sin perder el balance adecuado de la formulación y calidad de insumos, esto se puede lograr identificando alimentos no convencionales y evaluándolos nutricionalmente (Aliaga, 2009).

En la identificación de alimentos no convencionales se debe tener en cuenta factores como el origen, método de procesamiento, interacción con otros insumos, método de determinación de la digestibilidad, medio ambiente y el individuo (Calabro *et al.*, 2006) y en la evaluación nutricional se tiene la composición química, la energía que este contenga y la capacidad de digerir y absorber que tenga el animal (National Research Council, 1995).

Por lo tanto, el uso de ingredientes no convencionales como la torta de palmiste, con niveles altos de grasa, fibra cruda, además de un precio competitivo, puede ser una posible solución al uso de forraje que presenta como principal limitante la disponibilidad lo que lleva a un elevado costo. Los resultados del presente trabajo permitirán optimizar el uso de la torta de palmiste en la elaboración de alimentos balanceados y a su vez mejorar los rendimientos productivos a un menor costo.

El objetivo del presente trabajo es determinar la digestibilidad y estimar la energía digestible de la torta de palmiste mediante ensayos *in vivo* en cuyes machos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Torta de palmiste

La torta de palmiste es el residuo de la extracción del aceite de la semilla de la palma africana (*Elaeis guineensis*) que se cultiva en zonas tropicales, tanto en África (Nigeria, Zaire, Camerún) como en Asia (Indonesia, Malasia). La mayor parte de la torta de palmiste comercializada en España se obtiene por extracción mediante presión mecánica (procesamiento expeller), y contiene entre 8 a 10% de grasa. En otros países se comercializa la torta de extracción con solventes, con un valor proteico superior y menor riesgo de enranciamiento, pero un valor energético más bajo. En ambos casos se trata de ingredientes con un valor nutritivo muy variable, en función del tipo y condiciones de procesado y de la cantidad de fibra que se extrae o se mezcla con el producto final. Por su color oscuro, puede tener problemas de rechazo por algunos ganaderos. Además, al ser de origen tropical, debe controlarse su nivel de micotoxinas, grasa, fibra y lignina (FEDNA, 2015).

El aceite de palma y sus subproductos pueden ser usados para producir concentrados para animales (Díaz et al., 2003), unos de los subproductos es la torta de palmiste blanca grisácea, con manchas punteadas de color pardo, con un sabor dulce, olor escaso, pero se hace más acentuado y se aproxima al jabón cuando las tortas son más antiguas (Rivas, 2011). La torta de palmiste es considerada una fuente proteica de regular calidad, con un adecuado uso se puede obtener buenos resultados (Ocampo, 1994), es ampliamente conocido el uso de la torta de palmiste como base de alimento para animales rumiantes con resultados aceptables (Díaz et al., 2003), también se emplea en la alimentación de cerdos y aves para aprovechar su valioso aporte de proteínas y energía (Rostagno et al., 2005). La torta de palmiste tiene un futuro promisorio como alimento para animales, en el comercio internacional de productos básicos se habla únicamente de la harina de palmiste, pero en realidad existen tres tipos diferentes en base a su forma física: torta de palmiste, harina de palmiste y palmiste en pellets (Pantzaris y Jaaffar, 2002).

2.1.1. Obtención y procesamiento de la torta de palmiste

Rivas (2011) declara que la torta de palmiste se puede extraer mediante dos métodos: por solvente o prensado mecánico, con el cual se obtiene un alto contenido de grasa, aproximadamente 12%, mientras que con solventes se obtiene un bajo contenido de grasa, alrededor de 2% y para liberar la almendra de palma del fruto debe extraerse el mesocarpio o pulpa del aceite de palma y las cascara duras se quiebran sin daño a las almendras o palmiste.

Asimismo, Hashim (2012) confirma que la extracción típica de la torta de palmiste es por medio de prensas de tornillo, siendo este método usado mayormente debido a su baja inversión de capital y costos operativos en comparación con la extracción por solventes, generalmente el hexano. En la primera etapa de prensado no se llega a extraer la totalidad del aceite, teniendo un residuo de aproximadamente el 15% en la torta, seguidamente se realiza un segundo prensado de la torta residual del primer prensado, en esta ocasión tampoco se llega a extraer la totalidad del aceite, teniendo un residual del 6 al 7% en la torta del segundo prensado.

Por presión mecánica se obtiene un producto granulado fino, la ventaja principal del tamaño de partícula es que permite optimizar su utilización en alimentos para animales, en especial para el ganado vacuno, facilitando su mezcla y haciéndola más digerible, por otro lado, la torta de palmiste extraída por solvente orgánico, es bajo en grasa lo que ayuda a tener menos problemas de enranciamiento, pero un menor aporte de energía (Zumbado et al., 1992 y Lizarralde, 2012).

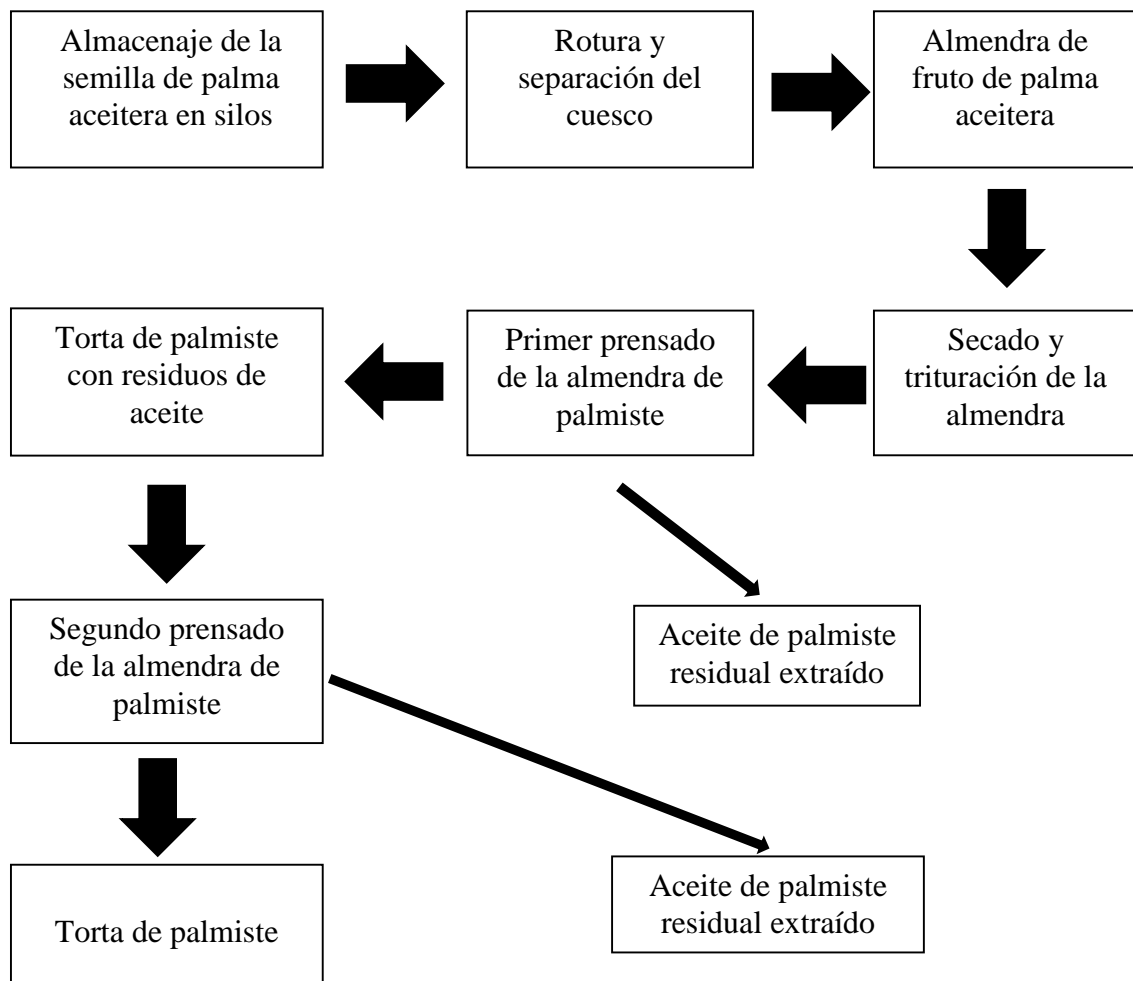


Figura 1: Procedimiento para obtener la torta de palmiste.

Fuente: Madrid., et al 1997

2.1.2. Características nutritivas de la torta de palmiste

La composición química indica la cantidad de nutrientes orgánicos y minerales, así como la existencia de factores o constituyentes que influyen negativamente sobre la calidad (Pirela, 2005), esta composición química, así como la digestibilidad de la torta de palmiste, varían dependiendo del método de procesamiento de la extracción de aceite (mecánico o solvente) así como se indica en la tabla 1, cantidad de endocarpio restante y cantidad de aceite extraído de la semilla (Onuh et al., 2010).

Según un estudio realizado por Sánchez (2012) en Ecuador se evaluó la composición bromatológica de la torta de palmiste y se obtuvo el siguiente contenido: materia seca (98.42%), proteína cruda (18.38%), grasa cruda (9.87%), fibra bruta (23.96%), extracto libre de nitrógeno (40.22%), FDN (82.45%), FDA (62.88%), cenizas (4.74%), calcio (2.92%), fósforo (0.42%), energía bruta (4.81 Mcal/kg MS) y energía metabolizable (1.81 Mcal/kg MS).

La presencia de fibra cruda neutra digestible en el alimento para las aves reduce su contenido energético y afecta la digestibilidad de otros nutrientes, principalmente aminoácidos, debido a la formación de geles y a la interferencia con las enzimas digestivas. Además, por su contenido graso se considera un alimento que aporta mucha energía el mismo que tiene un sabor dulce y olor agradable (Yeong et al., 2000).

Por otro lado, la torta de palmiste es relativamente baja en proteína, pero con una buena relación de aminoácidos esenciales, así como el contenido de calcio y fosforo, caso contrario se ve en la relación energía proteína, además del nivel de fibra considerada una limitante en caso de monogástricos. La torta de palmiste contiene entre 18 a 19% de proteína y es la más baja en valor proteico entre las tortas de leguminosas (Álava, 2006), su contenido de aminoácidos es de 0.47% metionina, 2.68% arginina, 0.69% lisina, 0.41% histidina y 0.66% de treonina (Nwokolo et al., 1976) y sus niveles de fibra superan el 17% (Zumbado et al., 1992).

La digestibilidad de la proteína en monogástricos es bastante reducida (50 – 65%), como consecuencia de su elevado nivel de fibra, el perfil de la proteína en aminoácidos esenciales presenta una concentración alta en metionina (1.8% sobre PB), pero baja en lisina (3.2%) y treonina (3.0%), el contenido en calcio y fósforo es similar al de otras tortas oleaginosas, la digestibilidad del P, en cambio, es baja, el contenido en hierro es alto y es destacable su alto contenido en manganeso (200mg/kg) (Lombard, 2005), también tenemos que el FEDNA (2015) reportó algunos coeficientes de digestibilidad de la proteína de la torta de palmiste para diferentes especies de animales de importancia comercial como vacunos y ovinos con 75%, porcinos con 60%, aves con 42%, conejos con 52% y caballos con 60%.

Además, se cuenta con valores energéticos de la torta de palmiste para diferentes especies de animales como lo son vacunos y ovinos, donde se reportan valores de energía metabolizable, de lactación y mantenimiento de 2800, 1795 y 1905 kcal/kg, respectivamente, también en porcinos para energía digestibles y metabolizable de 2545 y 2340 kcal/kg, respectivamente y finalmente en conejos y caballos para energía digestible de 2375 y 2700 kcal/kg, respectivamente FEDNA (2015).

Tabla 1: Características de la torta de palmiste tipo expeller extraído por prensado y con solvente

Características	Torta de palmiste extracción prensado*	Torta de palmiste extracción solvente**
Humedad, %	8.80	9.70
Proteína bruta, %	16.70	14.54
Extracto etéreo, %	7.80	0.72
Fibra bruta, %	21.00	14.18
Ceniza, %	4.50	3.61
ELN, %	41.20	57.34

FUENTE: FEDNA (2015) * y Yeong et al (2000) **

2.1.3. Utilización de la torta de palmiste en alimentación animal

La torta de palmiste es un ingrediente seco y pegajoso por su contenido alto en grasa siendo poco palatable por el ganado (FAO, 2009), en dietas de rumiantes lecheros se puede utilizar sin problemas a niveles de hasta un 10% (Hakanson, 2004), en Malasia la torta de palmiste es usada ampliamente en vacunos de engorde a corral hasta con un 80% de inclusión con una ganancia de peso vivo de 0.6 – 0.8 kg/día, también se han engordado con casi 100% de inclusión sin encontrar efectos negativos, siempre que se suministre Ca y vitaminas según requerimiento (Zahari et al., 2003).

La torta de palmiste podría ser un pienso interesante para conejos como lo reporta Losada et al (2006) donde indican una inclusión de 20% en 11 diferentes concentrados para conejos observando que es un ingrediente palatable que sostiene altos niveles de consumo en el periodo de cebo, aunque su valor energético neto podría ser inferior al expresado por su concentración en energía digestible, también observó que la mortalidad se redujo en el periodo de cebo lo que podría relacionarse con su alto nivel de ácidos grasos de cadena media y/o con su baja concentración de almidón. También se reportó el consumo de torta de palmiste en porcinos donde el nivel de inclusión es restringido por la baja palatabilidad, alto contenido en fibra y baja proteína, por lo que es recomendable utilizarlo en la etapa de finalización del engorde, donde se puede encontrar un consumo promedio de torta de palmiste de 2.4 kg por animal al día tal como reportó Hakanson (2004).

También, se evaluó el valor nutritivo de la torta de palmiste en engorde de pollos y se reportó mejoras en el rendimiento (Zumbado et al., 1992), debido a la baja palatabilidad y su alto contenido de fibra que reduce la digestibilidad, por lo tanto el uso de la torta de palmiste en engorde es limitado (Mc Donald et al., 2011); en gallinas ponedoras se observó el efecto de diferentes niveles de inclusión de la torta de palmiste sobre el rendimiento productivo, donde se observa que niveles superiores al 15% de inclusión afecta negativamente el consumo y la conversión alimenticia, mientras que el peso de los huevos se afectó negativamente con niveles mayores al 20% (Yeong et al., 2000), mientras que en otro ensayo se demostró que se puede utilizar hasta un 25% de torta de palmiste en dietas para gallinas (Radim et al., 1999) y no un 15% como concluye Yeong et al (2000), esto no afecta su desempeño ni la calidad interna de los huevos, sin embargo,

el máximo rendimiento productivo se podría lograr con niveles de 20% de inclusión y la calidad interna de los huevos se lograría con niveles de 15%.

2.2. Digestibilidad

La digestibilidad de los alimentos puede definirse como la cantidad de nutrientes que no se excreta en las heces y que, por lo tanto, se considera absorbida por el animal, normalmente se expresa en relación con la materia seca, como coeficiente, o como porcentaje (Mc Donald et al., 2011). Asimismo, el valor potencial de un alimento para aportar los distintos nutrientes, puede determinarse mediante el análisis químico. Sin embargo, el valor real para los animales, solo puede conocerse después de haber tenido en cuenta las pérdidas inevitables que producen durante la digestión, absorción y metabolismo (Mc Donald et al., 2011).

También se puede definir la digestibilidad como la desaparición de los nutrientes en su paso a través del tracto digestivo debido al proceso de digestión y absorción y que se expresa como porcentaje del producto ingerido inicialmente (Caravaca, 2003). La digestibilidad de los nutrientes de la ración proporciona una idea de la capacidad del alimento para ser aprovechado por el animal, siendo influenciada por varios factores, entre los cuales se encuentran los niveles de proteína bruta de la dieta (Escudero, 2005).

Los alimentos son aprovechados de forma diferentes entre especies animales y esta diferencia es cuantificada mediante la determinación de los coeficientes de digestibilidad (Parra y Gómez, 2009), la determinación de los coeficientes de digestibilidad de los subproductos de la agroindustria ha sido útil para introducirlos en las formulaciones de alimentos balanceados (Pezzato et al., 2002), determinar las disponibilidad de nutrientes para el animal y la importancia que puede tener sobre la salud y desempeño productivo del mismo (Harmon, 2007).

La digestibilidad aparente abarca los residuos del alimento ingerido que no son absorbidos y los componentes de las heces de origen endógeno donde tenemos a las células de la mucosa intestinal, secreciones digestivas, bacterias de las heces en conjunto con residuos no digeridos, proteína que no proviene de la digestión del alimento sino del

metabolismo bacteriano del ciego al igual que los polisacáridos de origen bacteriano (Church et al., 2000), dependiendo del estado fisiológico del animal al igual que su ingesta, esto permite evaluar la aptitud del animal para retener o utilizar una ración (Guillaume et al., 2004). Además, se cuenta con la energía liberada en forma de gases, como el dióxido de carbono y el metano por un lado y por el otro con la energía producida por el metabolismo de la digestión del alimento (Campos, 2007), por otro lado, para obtener mejores aproximaciones al verdadero valor de aprovechamiento de nutrientes en los animales se utiliza el coeficiente de digestibilidad verdadero en donde se tiene en cuenta los componentes endógenos de las heces, los cuales provienen del mismo animal, como compuestos nitrogenados, polisacáridos y minerales (Osorio et al., 2012).

$$\text{CDA} = \frac{\text{ingesta alimento} - \text{residuo fecal alimento}}{\text{Ingesta alimento}}$$

2.2.1. Métodos para la determinación de la digestibilidad

a. Método directo

Mide el total de alimento ingerido y la cantidad de heces excretadas al suministrar un único alimento, también se puede utilizar indicadores (Guillaume et al., 2004). Según Parra y Gómez (2009) describen a este método como un ensayo formulado de tal manera que el alimento estudiado sea la única fuente de nutriente a evaluar y es utilizado en aquellos alimentos altos en dicho nutriente; sin embargo, cuando estos nutrientes tienen bajos niveles, también se ve afectada la digestibilidad del alimento, que tiende a ser menor, que podría deberse al mayor peso específico de la excreción endógena.

Posteriormente al proceso de diseño del ensayo se suministra el alimento a los animales durante por lo menos cinco días como periodo de adaptación, antes de iniciar el periodo de experimentación (Cavalari et al., 2006), después del periodo de adaptación se inicia el periodo de recolección total de heces, que por lo general dura cinco días, las heces se deben acumular y mezclar únicamente con las heces de la misma unidad experimental, luego se deben guardar a -15°C hasta el momento del secado y toma de muestras para los análisis de laboratorio (Zanatta et al., 2011).

b. Método indirecto

El coeficiente de digestibilidad puede calcularse por el método indirecto, también llamado por diferencia, donde las excretas son colectadas de forma parcial o total y también se puede utilizar indicadores, en este método se pueden utilizar alimentos que forman parte de una ración (Choubert et al., 1982; NRC, 1995; Pezzato et al., 2002), por otro lado, Parra y Gómez (2009) definen el método indirecto como un ensayo que consiste en la formulación de una dieta basal y una dieta a evaluar, esta última está formada por una mezcla de dieta basal y el ingrediente a evaluar, por lo tanto, la digestibilidad del ingrediente a evaluar puede ser obtenida por diferencia.

Fan y Sauer (1995) utilizaron el método indirecto o también conocido como método por sustitución para determinar la digestibilidad aparente de materias primas con bajo contenido de proteína y consistió en la formulación de una dieta basal alta en proteína y una dieta a evaluar. La dieta basal contiene la fuente de proteína que se proporciona a los animales como única fuente de nitrógeno y aminoácidos, mientras que la dieta a evaluar está constituida por la dieta basal y el insumo a evaluar. Si no hay interacción entre los aminoácidos de la dieta basal y el ingrediente a evaluar, la digestibilidad del ingrediente en estudio se puede determinar por sustitución.

c. Métodos de indicadores

Este método es otra alternativa para determinar los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes de los alimentos sin la necesidad de recolectar la totalidad de las heces y básicamente se trata de incluir sustancias indicadoras a las dietas experimentales. Los indicadores empleados deberán cumplir ciertas condiciones para ser utilizados en los ensayos como: no deben ser absorbidos por el tracto digestivo del animal, ser fáciles de medir, facilidad de procesamiento junto con el alimento, ser excretados por el animal sin ninguna alteración, no deben tener efectos fisiológicos en el animal, deberán ser recuperados en su totalidad tanto del alimento como de las heces (Buñay, 2010).

Existen dos tipos de marcadores, los internos que son compuestos propios de los alimentos que tiene bien índice de recuperación en las heces como la fibra ácida insoluble o la lignina (Kavanagh et al., 2001) y los externos como el óxido de cromo, dióxido de titanio que no hacen parte el alimento y que se adicionan al alimento en cantidades conocidas, por ejemplo 1 a 5 gramos por kilogramo de alimento (Carciofi et al., 2007). Cabe resaltar que para determinar la digestibilidad de los nutrientes usando estos indicadores se debe conocer con precisión la cantidad que se adiciona al alimento y la cantidad de indicador en las heces, además de conocer la composición nutricional del alimento y las heces (Buñay, 2010).

2.2.2. Factores que afectan la digestibilidad

Los coeficientes de digestión no son constantes para un determinado alimento o especie animal (Maynard et al., 1986), la digestibilidad de los alimentos guarda estrecha relación con la composición química de los mismos, asimismo, la cantidad y composición química de la fibra es la que más afecta la digestibilidad, también los taninos que se unen a proteínas y aminoácidos (McDonald et al., 2011).

Los efectos por la asociación, también pueden ser perjudiciales como en las raciones mixtas y estas se hacen más notorias cuando los alimentos groseros de baja calidad se mezclan con alimentos amiláceos (McDonald et al., 2011). Los efectos de la composición de la dieta, también han sido verificados por García et al (2000), quienes determinaron que la digestibilidad *in vivo* e *in vitro* eran afectadas no solo por la fuente de suplemento proteico, sino también por la cantidad de proteína en la dieta.

Ciertos procesos tecnológicos basados principalmente en los tratamientos térmicos han sido desarrollados para eliminar factores antinutricionales existentes en algunos insumos vegetales de fuentes proteicas, permitiendo a la soya y a muchas otras materias primas vegetales ser incluidas en las dietas comerciales, en niveles variables, para diferentes especies (Martínez, 2012). Técnicas de extrusión universales afectan los coeficientes de digestibilidad aparente, si bien es cierto que la extrusión mejora la digestibilidad de los nutrientes, una extrusión excesiva podría reducir la digestibilidad de aminoácidos y proteínas (Lawrence y Fox, 2008).

2.3. Energía digestible

La energía digestible aparente de un alimento, es la energía bruta contenida en una unidad de peso del alimento, menos la energía bruta contenida en las heces procedentes del consumo de una unidad de peso de dicho alimento (Mc Donald et al., 2011). Sin embargo, la energía digestible aparente no constituye una verdadera medida de la digestibilidad en la dieta debido a que el tubo gastrointestinal es un sitio de excreción de varios productos que terminan en el excremento. Así mismo, las células que revisten el tubo gastrointestinal podrían desechar cantidades considerables de desperdicios celulares; además de los microbios sin digerir y subproductos de estos que podrían constituir una gran porción del excremento en algunas especies (Church et al., 2000).

Gómez y Vergara (1993) señalan que las necesidades de energía están influenciadas por la edad, la actividad del animal, su estado fisiológico, nivel de producción y temperatura ambiental. Una vez cubierto este requerimiento la energía en exceso es almacenada en el cuerpo del animal en forma de grasa, además el contenido de energía en la dieta afecta el consumo de alimento, puesto que el animal tiende a consumir más alimento conforme disminuye el nivel de energía en la dieta.

Huayhua (2008) señala que la fuente principal de energía en el alimento son los carbohidratos almacenados en forma de almidón y celulosa, este último es un componente principal de la pared celular en forrajes que es digerido por la celulasa de las bacterias presentes en el ciego y absorbidas en forma de ácidos grasos volátiles (AGV). A continuación, en la tabla 2 se observa valores de energía digestible reportados en diferentes insumos para cuyes.

Tabla 2: Energía digestible de diferentes insumos en cuyes

Insumo	Energía digestible kcal/kg ms	Autor
Afrecho de trigo	2613.03	Cuadrado, 2008
Broza de arveja	2577.71	Montalvo y Navarro, 2012
Broza de beterraga	2310.57	Montalvo y Navarro, 2012
Cáscara de algodón	3120.00	Garay et al., 2008
Cascarilla de arroz	2920.00	Garay et al., 2008
Cascarilla de cacao	1794.05	Farro, 2012
Cebada grano	3720.00	Correa, 1994
Forraje seco de mucuna	2610.00	Valenzuela, 2015
Gluten de maíz	4189.00	Valerio, 2015
Harina de pituca	1251.84	Farro, 2012
Harina de plumas hidrolizada	4272.00	Reyes, 2012
Harinilla de trigo	3510.00	Bellido, 2008
Hoja de morera	3170.00	Zevallos, 1994
Hominy feed	4351.00	Valerio, 2015
Maíz amarillo	3448.00	Reynaga, 2010
Páprika seca	3420.00	Guerrero, 2017
Polvillo de arroz	2531.88	Farro, 2012
Polvillo de arroz	3362.00	Ruiz, 2008
Residuo de cervecería	2970.00	Cerna, 1997
Residuo de quinua “jipi”	1850.00	Calcina, 2015
Sorgo grano	3610.00	Gómez, 1998
Subproducto de trigo	2801.00	Valerio, 2015
Subproducto de trigo	2704.00	Reynaga, 2010
Torta de soya	3710.00	Reynaga, 2010
Torta de soya	3580.00	Correa, 1994

2.4. Fisiología digestiva del cuy

El cuy es un monogástrico herbívoro, tiene un estómago donde inicia su digestión enzimática y un ciego funcional, por su anatomía gastrointestinal es clasificado como un fermentador postgástrico a nivel cecal, el ciego con su flora bacteriana permite un buen aprovechamiento de la fibra, su mayor o menor actividad depende de la composición de la ración (Chauca, 1997).

El movimiento de la ingesta a través del estómago e intestino delgado es rápido, no demora más de dos horas en llegar la mayor parte de la ingesta al ciego (Reid, 1848 citado por Gómez y Vergara, 1993). El pasaje por el ciego es más lento pudiendo permanecer en él parcialmente por 48 horas y se conoce que la celulosa en la dieta retarda los movimientos del contenido intestinal permitiendo una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes, siendo en el ciego e intestino grueso donde se realiza la absorción de los ácidos grasos de cadenas cortas, además se conoce que la absorción de los otros nutrientes se realiza en el estómago e intestino delgado incluyendo cerca del 15 por ciento del peso total del aparato digestivo (Hagan y Robinson, 1953 citado por Gómez y Vergara, 1993).

El cuy es un animal cecotrófico, produce dos tipos de heces, una abundante en nitrógeno y otro que es eliminado como heces duras, por las noches, generalmente, ingiere nuevamente estas heces, iniciando nuevamente el ciclo de digestión (Revollo, 2003). La coprofagia realiza por el cuy es una especie de mecanismo de compensación biológica nutricional, así puede aprovechar al máximo los productos de metabolismo que escapan de la digestión, de esta forma retornan al cuerpo sustancias de alimento que no se asimilaron, ya que solo en los últimos tramos del intestino fueron atacados por microorganismos, jugos de la digestión y productos de la síntesis de la microflora (Rivas, 2011).

La cecotrofia de los cuyes tiene un efecto positivo de aproximadamente el 15% sobre las necesidades de proteína. La cantidad de proteína reingerida de las excretas se debe más a al tipo de fibra que al nivel ingerido, esto quiere decir que habrá un mayor aumento de proteína reingerida si se tiene una mayor proporción entre de partículas finas y concentración de fibra soluble en el alimento (García et al., 2000).

2.5. Requerimientos nutricionales del cuy

Los requerimientos nutricionales del cuy como se muestran en la tabla 3, hacen referencia a la cantidad de nutrientes que debe ingerir el animal dentro de una ración o dieta para poder llegar a cubrir las necesidades nutricionales de mantenimiento, crecimiento, gestación, lactación y producción, la energía necesaria para los procesos metabólicos no es considerada como nutriente, pero si tiene una importancia clave en el desarrollo del animal (Aliaga, 2009).

En el caso del requerimiento de proteína demandado por el cuy, este se debe cubrir para evitar problemas como el bajo peso al nacimiento, déficit de desarrollo, baja producción de leche, baja fertilidad y baja eficiencia en el uso del alimento. Estudios donde se evaluaron niveles de proteína de 14% hasta 28% en raciones para crecimiento se observó un aumento de peso y consumo de alimento en los cuyes que recibieron bajos niveles de proteína (Wheat et al., 1962). Por otro lado, un ensayo desarrollado con una alimentación isoenergética de 2.75 Mcal ED/kg de alimento a base de concentrado solamente, se evaluaron tres niveles de lisina y se encontraron ganancias diarias de peso de 11.8 g y 14.8 g (Remigio, 2006).

La fibra es un nutriente muy importante en la dieta del animal porque retarda el tránsito intestinal lo que favorece la digestibilidad de otros nutrientes. En dietas isofibrosas se comprobó que diferentes tipos de fibra tienen un efecto diferente sobre la motilidad intestinal, concluyéndose que la estructura física y el tamaño de partícula también influyen sobre esta característica, donde se aprecia que un aporte de alimento grosero aumento el tránsito intestinal y dietas con excesiva molienda, pero con fibra medianamente groseras, disminuye el valor residual (De Blas, 1989).

Los cuyes no pueden sintetizar ácido ascórbico debido a la deficiencia de la enzima L-gulonolactona oxidasa y la carencia de esta vitamina produce pérdida de apetito, disminución del crecimiento, heridas en la mucosa bucal y parálisis de los miembros posteriores, puesto que se imposibilita la formación de colágeno determina defectos estructurales en huesos, cartílagos, tejidos conectivos y muscular (Mc Donald et al., 2011).

Tabla 3: Requerimientos nutricionales del cuy

Nutrientes	NRC (1995)	Vergara (2008)			
		Inicio (1 – 28 días)	Crecimiento (29 – 63 días)	Acabado (64 – 84 días)	Gestación y lactación
Proteína, %	18.00	20.00	18.00	17.00	19.00
Fibra, %	15.00	6.00	8.00	10.00	12.00
Lisina, %	0.84	0.92	0.83	0.78	0.87
Metionina, %	0.36	0.40	0.36	0.34	0.38
Met + Cis, %	0.60	0.82	0.74	0.70	0.78
Arginina, %	1.20	1.30	1.17	1.10	1.24
Treonina, %	0.60	0.66	0.59	0.56	0.63
Triptófano, %	0.18	0.20	0.18	0.17	0.19
Calcio, %	0.80	0.80	0.80	0.80	1.00
Fósforo, %	0.40	0.40	0.40	0.40	0.80
Sodio, %	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Vitamina C, %	20.00	30.00	20.00	15.00	15.00
Energía digestible, Mcal/kg	3.00	3.00	2.80	2.70	2.90

FUENTE: NRC (1995) y Vergara (2008)

III. METODOLOGÍA

3.1. Lugar de estudio

El trabajo experimental se desarrolló en las instalaciones del Laboratorio de Evaluación Biológica de Alimentos que pertenece al Departamento Académico de Nutrición Animal de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima Metropolitana, Perú. Geográficamente se encuentra a 12° 05' 06'' latitud sur y 76° 57' 00'' longitud oeste a una altitud de 238 m.s.n.m. (SENAMHI, 2019).

Los análisis químicos proximales se realizaron en La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM (LMCTL-UNALM), Lima Metropolitana, Perú. Geográficamente se encuentra a 12° 04' 42.5'' latitud sur y 76° 56' 59.1'' longitud oeste a una altitud de 238 m.s.n.m. (SENAMHI, 2019).

3.2. Instalaciones y equipos

Dentro del Laboratorio de Evaluación Biológica de Alimentos se utilizaron 10 jaulas metabólicas de acero inoxidable con un área de 0.1368 m² cada una con las siguientes medidas: 38 cm de largo, 36 cm de ancho y 30 cm de alto. Cada jaula contaba con un piso de malla de acero y debajo una bandeja en forma de embudo para la colección de heces y orina por separado, comederos metálicos incorporados y bebederos de arcilla ubicados en la parte interna de la jaula.

3.3. Animales experimentales

Se utilizaron 10 cuyes machos del genotipo Cieneguilla UNALM de 12 semanas de edad con un peso en promedio de 725 g. Los animales fueron distribuidos al azar de forma individual en cada jaula metabólica. Se formaron dos grupos de 5 animales cada uno, el primer grupo recibió la dieta basal que consiste en 100 por ciento de subproducto de trigo

y el otro grupo la dieta experimental que consiste en una mezcla equivalente a 40 por ciento de torta de palmiste y 60 por ciento de subproducto de trigo y el agua fue suministrada *ad libitum* a cada animal, tanto la torta de palmiste como el subproducto de trigo fueron compradas en la planta de alimentos balanceados Molinorte SAC ubicada en la zona de Lurín.

3.4. Ingrediente evaluado

En el presente trabajo se utilizó la torta de palmiste en la dieta experimental como insumo a evaluar y el análisis químico proximal se presenta en la tabla 4.

3.5. Dieta basal y experimental

Las dietas suministradas son las siguientes:

- Dieta Basal: 100% de subproducto de trigo
- Dieta experimental: 40% de torta de palmiste + 60% de subproducto de trigo

A ambas dietas se suministran en forma de harina, además se les adicionó vitamina C protegida a una concentración de 0.20 g/kg de alimento recomendado por la NRC (1995) y para el análisis químico proximal se utilizaron las técnicas establecidas por la A.O.A.C (2016), los análisis de ambas dietas se presentan en la tabla 5.

3.6. Prueba de consumo y digestibilidad

3.6.1. Adaptación y consumo voluntario

Esta primera etapa tuvo una duración de 14 días en total, se hizo que todos los cuyes se adaptaran al manejo, tipo de instalación y alimento suministrado. Durante los primeros cuatro días el alimento se cambió de manera gradual hasta llegar a un consumo con la proporción de 40 por ciento de torta de palmiste y 60 por ciento de subproducto de trigo para un grupo de 5 cuyes mientras que el otro grupo solo se suministró la dieta basal conformada únicamente por subproducto de trigo, en los siguientes 10 días del periodo de adaptación se calculó el consumo voluntario de alimento mediante la diferencia entre el alimento ofrecido y el residual por día.

3.6.2. Prueba de digestibilidad

La segunda etapa llamada periodo experimental duró 5 días y consistió en alimentar a cinco cuyes con la dieta experimental y a cinco cuyes con la dieta basal, se suministró todas las mañanas a las 8:30 a.m. la cantidad de 50 gramos de alimento, a continuación se pesó el alimento residual para determinar el consumo (Anexo 2 y 3) y por último se procedió a coleccionar el total de heces (Anexo 4 y 5) utilizando las bandejas en forma de embudo de cada jaula metabólica suministrándose agua *ad libitum* en todo momento.

Las heces de cada animal fueron pesadas diariamente y refrigeradas individualmente en bolsas de polietileno. Para determinar la humedad inicial de las heces, se obtuvo una muestra de cinco gramos que fue secada en estufa a 105 °C por 5 horas (Anexo 4), las heces restantes de cada animal fueron mezcladas y secadas para el análisis químico proximal. Para el pesaje de las heces y el alimento se utilizó una balanza electrónica de la marca OHAUS, modelo GT 2100, de 0.1 g de sensibilidad.

3.7. Cálculo de los coeficientes de digestibilidad

Con los datos obtenidos del consumo de alimento de la dieta basal y experimental, recolección de heces, análisis proximales de las heces, las dietas basal y experimental y el cálculo de las cantidades en gramos de nutrientes ingeridos y excretados para ambas dietas, se procedió a calcular los coeficientes de digestibilidad aparente para las dietas basal y experimental (anexo 9 y 11) mediante el método directo descrito por Crampton y Harris (1974).

Donde:

$$CDd = \frac{Ni - Ne}{Ni} \times 100$$

CDd: coeficiente de digestibilidad aparente de la dieta

Ni: nutriente ingerido de la dieta basal o experimental

Ne: nutriente excretado de la dieta basal y experimental.

Los coeficientes de digestibilidad de la torta de palmiste se determinaron mediante el método indirecto (anexo 12), utilizando las fórmulas descritas por Crampton y Harris (1974).

$$CDi = CDb + \frac{100 (CDe - CDb)}{S}$$

Donde:

CDi = Coeficiente de digestibilidad del ingrediente

CDb = coeficiente de digestibilidad de la dieta basal

CDe = coeficiente de digestibilidad de la dieta experimental

S = nivel de sustitución de la dieta basal por el alimento en estudio

Todos los cálculos se realizaron en base seca

Tabla 4: Análisis químico proximal de la torta de palmiste

Componentes	Tal como ofrecido	Base seca
Humedad ^(a) , %	7.94	-
Materia seca, %	92.06	100.00
Proteína cruda ^(a) , %	16,28	17.68
Extracto etéreo ^(a) , %	6.82	7.41
Fibra cruda ^(a) , %	28.79	31.27
Ceniza ^(a) , %	3.58	3.89
ELN ^(a) , %	36.59	39.75
Energía bruta ^(b) , kcal/100 g	-	460.87

FUENTE: (a) La Molina Calidad Total Laboratorios (LMCTL), (b) AEC (1978)

Tabla 5: Análisis químico proximal y energético de la dieta basal y experimental

Componentes	Tal como ofrecido (dieta basal)	Base seca (dieta basal)	Tal como ofrecido (dieta experimental)	Base seca (dieta experimental)
Humedad ^(a) , %	11.84	0.00	10.40	0.00
Materia seca, %	88.16	100.00	89.60	100.00
Proteína cruda ^a , %	14.68	16.65	15.71	17.53
Extracto etéreo ^a , %	3.78	4.29	8.27	9.23
Fibra cruda ^a , %	8.02	9.10	10.80	12.05
Ceniza ^a , %	4.98	5.65	3.80	4.24
ELN ^a , %	56.70	64.31	51.02	56.94
Materia orgánica, %	83.00	93.62	85.80	95.76
Energía bruta ^b , Kcal/kg		4.36		4.69

FUENTE: (a) La Molina Calidad Total Laboratorios (LMCTL), (b) AEC (1978)

3.8. Estimación de la energía digestible

Para estimar la energía digestible de la dieta basal y experimental, previamente se estimó la energía bruta de la dieta basal, experimental, heces y torta de palmiste (anexo 13 y 14) a través de la fórmula recomendada por la A.E.C. (1978) (Anexo 1), donde se utilizaron los siguientes coeficientes calóricos: 5.7 para proteína cruda; 9.3 para extracto etéreo y 4.1 para fibra cruda más extracto libre de nitrógeno. A continuación, se estima la energía digestible con la fórmula descrita por Crampton y Harris (1974).

Donde:

$$ED = EB - \frac{(EBh \times Qh)}{Ia}$$

ED = energía digestible de la dieta basal o experimental (kcal/kg)

EB = energía bruta de la dieta basal o experimental (kcal/kg)

EBh = energía bruta de las heces (kcal/día)

Qh = cantidad de heces producidas por día (kg/día)

Ia = cantidad de alimento ingerido (kg/día)

Para estimar la energía digestible de la torta de palmiste, se utilizó la fórmula descrita por Crampton y Harris (1974)

$$ED_{tp} = EDb + \frac{(EDe - EDb) \times 100}{\% \text{ sustitución}}$$

Donde:

ED_{tp} = energía digestible de la torta de palmiste

ED_e = energía digestible de la dieta experimental (subproducto de trigo + torta de palmiste)

ED_b = energía digestible de la dieta basal (subproducto de trigo)

% de sustitución = porcentaje en que se sustituye el subproducto de trigo

3.9. Parámetros estadísticos

Se utilizaron parámetros estadísticos como el promedio, desviación estándar y porcentaje de variabilidad calculado mediante el Programa SAS.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Entre los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se tiene los coeficientes de digestibilidad para cada uno de los componentes nutricionales de la torta de palmiste como se puede observar en la tabla 6, también se tiene el consumo del alimento basal y experimental por animal, así como el peso de las heces colectadas durante el periodo experimental (anexo 2, 3, 4 y 5).

4.1. Digestibilidad de la torta de palmiste

El coeficiente de digestibilidad de la materia seca obtenido de la torta de palmiste es de 69.14% el cual es superior al polvillo de arroz (51.82%) y cascarilla de cacao (41.72%) reportados por Farro (2012), además también es superior a la pasta de algodón (40.00%) y broza de arveja (65.53%) reportados por Correa (1994) y Montalvo y Navarro (2012), respectivamente, estas diferencias podrían deberse al bajo contenido de fibra de la torta de palmiste con respecto al polvillo de arroz, cascarilla de cacao, pasta de algodón y broza de arveja.

Los coeficientes de digestibilidad de la materia seca para la cebada molida (79.06%), bagazo de marigold (70.04%), subproducto de trigo (71.05%) y páprika seca (69.77) reportados por Castro y Chirinos (2007), Huayhua (2008) y Reynaga (2010) y Guerrero (2017), respectivamente, son mayores que el coeficiente de digestibilidad de la torta de palmiste (69.14%), esto se puede deber al alto nivel de fibra de la torta de palmiste con respecto a estos insumos, además, se tiene reportes de coeficiente de digestibilidad de la cáscara de arvejas (86.06%) y cáscara de habas (72.18%) ambos reportados por Castro y Chirinos (1997).

Tabla 6: Coeficientes de digestibilidad aparente de los nutrientes de la torta de palmiste en base seca

Componentes	Coeficiente de digestibilidad	Desviación estándar	Coeficiente de variabilidad (%)
Materia seca	69.14	4.706	6.806
Proteína	69.96	5.551	7.935
Grasa	81.37	9.599	11.798
Fibra cruda	60.88	7.746	12.725
Ceniza	52.99	15.173	28.629
ELN	65.75	9.081	13.812
Materia orgánica	70.46	13.342	18.936

FUENTE: elaboración propia

Aliaga (2009) comenta que la digestibilidad de la materia seca y materia orgánica se encuentra relacionada al contenido de fibra de la dieta, a un mayor contenido de fibra la digestibilidad tiende a disminuir, debido que la fibra aumenta la velocidad de tránsito del contenido intestinal ocasionando disminución de la absorción de nutrientes.

La digestibilidad de la proteína (69.96%) de la torta de palmiste es mayor que los reportados por Castro y Chirinos (2007) en cebada molida (63.72%), Huayhua (2008) para bagazo de marigold (55.67%), Ruiz (2008) en afrecho de trigo (63.33%), Farro (2012) en polvillo de arroz (48.00%), Castro y Chirinos (1997) para cáscara de arvejas (50.57%) y cáscara de habas (12.38%) y Huarco (2012) en achiote seco molido (61.27%), esto puede deberse al mayor contenido de proteína cruda que presenta la torta de palmiste en comparación con la cebada molida, bagazo de marigold, afrecho de trigo, polvillo de arroz sumado a la mejor eficiencia que presenta el cuy para los insumos proteicos que para los insumos fibrosos (García, 2003).

Por otro lado, la digestibilidad de la proteína (69.96%) de la torta de palmiste es menor a los reportados por Linares (2010) para el Sancha Inchi integral precocido peletizado (80.99%) y que el Sancha Inchi integral precocido extruido (82.74%), esta diferencia puede deberse al precocido que es un proceso térmico que mejora el valor nutritivo de las proteínas vegetales como explica Brenes y Brenes (1993) y dentro de las diferencias que existe entre el peletizado y el extruido al que son sometidos estos insumos, este último controlaría los inhibidores de los insumos y así se lograría un incremento de la disponibilidad de proteína y mejor actividad enzimática en el intestino como explica Valls (1993).

Además, la páprika seca reportado por Guerrero (2017) también presenta mayor coeficiente de digestibilidad (86.76%) que la torta de palmiste (69.96%) y esto puede deberse al tratamiento de secado en estufa al que es sometido la páprika seca previo a ser suministrado a los cuyes, podría ser que este calentamiento precocina a la páprika y con ello vuelve más disponible la proteína lo que aumentaría su digestibilidad.

El coeficiente de digestibilidad de la fibra cruda de la torta de palmiste fue de 60.88%, la cual es mayor a los reportados por Castro y Chirinos (2007) para la cebada molida (53.75%), Guerrero (2017) para la páprika seca (40.85%) y Montalvo y Navarro (2012) en la broza de arveja (54.80%), en el caso de la cebada molida esta diferencia se puede deber a la menor cantidad de fibra cruda que presenta, para ser precisos, la cantidad de lignina presente en el pericarpio de la cebada es la que dificulta su digestión, en la páprika seca la menor digestibilidad de la fibra puede deberse al estado de su madurez lo que dificultara su digestión y en la broza de arveja la menor digestibilidad puede atribuirse a la mayor presencia de pared celular en sus composiciones lo que resulta en una menor degradación de la fibra por parte de la flora bacteriana del cuy.

Por otro lado, tenemos que el coeficiente de digestibilidad de la fibra cruda de la torta de palmiste es menor que los reportados por Huayhua (2008) para bagazo de marigold (93.48%), Huarco (2012) en achiote seco molido (72.52%) y Castro y Chirinos (1997) para cáscara de arvejas (84.72%) y cáscara de habas (83.80%), esta diferencia puede deberse al menor contenido de fibra cruda presente en estos insumos que resulta en que menos fibra cruda escape de la degradación por parte de la flora bacteriana el cuy.

El extracto etéreo de la torta de palmiste tiene un coeficiente de digestibilidad de 81.37% superior a los reportados por Huayhua (2008) para bagazo de marigold (76.81%), Castro y Chirinos (2007) para cebada molida (65.99%) y Huarco (2012) para achiote seco molido (65.96%), esta diferencia puede deberse a la disponibilidad en que se encuentra el componente graso de la torta de palmiste pues presenta aceite residual que puede ser aprovechado fácilmente por el animal en comparación al bagazo de marigold, la cebada molida y el achiote seco molido. Por otro lado, la torta de palmiste presenta menor digestibilidad que los reportados por Guerrero (2017) para páprika seca (89.32%) y Castro y Chirinos (1997) para cáscara de arvejas (97.67%) y cáscara de habas (78.16%).

El coeficiente de digestibilidad del extracto libre de nitrógeno es de 65.75% para la torta de palmiste que es inferior a los reportados por Castro y Chirinos (2007) para cebada molida (88.10%), Huayhua (2008) en bagazo de marigold (78.74%), Guerrero (2017) para páprika seca (80.70%) y Huarco (2012) en achiote seco molido (79.96%), esto puede deberse al mayor porcentaje de ELN presente en estos insumos con respecto a la torta de palmiste,

también existe una relación de fibra cruda y ELN donde la cantidad de este último disminuye conforme aumenta la cantidad de fibra cruda y viceversa, esto se refleja en la comparación entre los insumos ya mencionados y la torta de palmiste, donde este último presenta mayor porcentaje fibra cruda pero menor de ELN, en comparación con los insumos antes mencionados.

4.2. Energía digestible de la torta de palmiste en base seca

El contenido de energía digestible correspondiente a la torta de palmiste es de 3500 kcal/kg como se observa en la tabla 7, este valor es superior a los reportados por Guerrero (2017) para la páprika seca con 3420 kcal/kg, Garay (2008) en la cascara de algodón con 3117 kcal/kg, Huayhua (2008) para el bagazo de marigold con 2660 kcal/kg, Cuadrado (2008) para el afrecho de trigo con 2613 kcal/kg, Farro (2012) en el polvillo de arroz con 2532 kcal/kg, Correa (1994) para la pasta de algodón con 1636 kcal/kg y Reynaga (2010) para el subproducto de trigo con 2704 kcal/kg.

La mayor cantidad de energía digestible de la torta de palmiste, en comparación con los insumos mencionados anteriormente, se puede deber a que la torta de palmiste presenta grasa residual proveniente de la extracción mecánica del aceite de la semilla de palma y dicha extracción al ser de forma mecánica tiende a presentar mayor cantidad de residuo graso que si se hiciera por extracción química con solventes orgánicos.

Por otro lado, podemos observar que la energía de la torta de palmiste es menor a las energías digestibles reportadas por Bellido (2008) en la harinilla de trigo con 3510 kcal/kg, Zaldivar (2007) para el gluten de maíz que presenta 3964 kcal/kg y Reynaga (2010) para la torta de soya que contiene 3700 kcal/kg, estas diferencias pueden deberse a la alta digestibilidad de las proteínas, grasas y extracto libre de nitrógeno de los insumos ya mencionado en comparación con la torta de palmiste.

Tabla 7: Energía digestible de la torta de palmiste a partir del cálculo de energía digestible de las dietas basal y experimental en base seca

	Dieta basal (base seca)	Dieta experimental (base seca)	Torta de palmiste (base seca)
	3190.00	3310.00	3010.00
	3370.00	3360.00	3380.00
Energía digestible (kcal/kg)	3320.00	3200.00	3510.00
	3420.00	3060.00	3950.00
	3310.00	3090.00	3640.00
Promedio	3320.00	3204.00	3500.00

FUENTE: elaboración propia

V. CONCLUSIONES

En base a los análisis experimentales se obtuvo las siguientes conclusiones:

1. Los coeficientes de digestibilidad de la torta de palmiste fueron: materia seca 69.14%, materia orgánica 70.46%, proteína cruda 69.96%, extracto etéreo 81.37%, fibra cruda 60.88%, ceniza 52.99% y extracto libre de nitrógeno 65.75%.
2. La energía digestible en base seca de la torta de palmiste fue 3500 Kcal/kg.

VI. RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones tienen la finalidad de generar más información acerca de los ensayos de digestibilidad y cálculo de energía digestible de la torta de palmiste en dietas para cuyes.

1. Utilizar los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes y el valor de energía digestible de la torta de palmiste reportados en este trabajo de investigación para la formulación de dietas.
2. Realizar ensayos de digestibilidad y determinación de energía digestible de la torta de palmiste en otras especies de animales de granja.
3. Realizar trabajos de investigación de niveles de uso de la torta de palmiste en diferentes etapas de desarrollo del cuy como lo son inicio, crecimiento, engorde y reproductoras(es).

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Airahuacho, F. (2007). Evaluación de dos niveles de energía digestible en base a los estándares nutricionales del NRC (1995) en dietas de crecimiento para cuyes (*Cavia porcellus* L.) (tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Álava, H. (2006). Evaluación de tres niveles de palmiste en reemplazo de las fuentes tradicionales de energía en dietas de crecimiento y acabado en cerdos (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador.
- Aliaga, R. (2009). Producción de Cuyes. 1.ed. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú. p.145-178.
- Alimentation Equilibre Commentry (AEC). (1978). Animal Feeding. Energy, aminoacids, vitamins, minerals. Document N°4, Francia.
- Association of Official Agriculture Chemists (A.O.A.C). (2016). Official Methods of Analysis. 13 Ed. Washington, D.C. 125 p.
- Bellido, Z., Vergara, V., Chauca, L., y Remigio, R. (2008). Digestibilidad y energía digestible del hominy feed y la harinilla de trigo en cuyes (*Cavia porcellus*) (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Bernardini, E. (1981). Tecnología de aceites y grasas. 1ra. - Ed. Española. Ed. Alambra S.A. Madrid, ES 498 p.

- Blaxter, K. (1979). Further developments of the metabolizable energy system for ruminants. Studies in the agricultural and food sciences. *Recent advances in animal nutrition*, 79-91.
- Bondi, A. (1989). Nutrición Animal. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España. 546 p.
- Brenes, A., y Brenes, J. (1993). Tratamiento tecnológico de los granos de leguminosas: Influencia sobre su valor nutritivo. IX Curso de especialización FEDNA. Barcelona. Recuperado de <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/93CAP11.pdf>. Documento revisado 19 de May.2019).
- Buñay, A. (2010). Validación del método cenizas ácido insoluble para determinar digestibilidad en el alimento balanceado frente al método de recolección total (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Caballero, N. (1992). Valor nutricional de la panca de maíz: consumo voluntario y digestibilidad en el cuy (*Cavia porcellus*) (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Calabró, S., Carone, F., y Cutrignelli, M. (2006). The effect of haymaking on the neutral detergent soluble fraction of two intercropped forages cut at different growth stages. *Italian journal of animal sciences*, 5(4), 327-339.
- Calcina, G. (2015). Digestibilidad y valor energético de residuos de quinua “Jipi” en cuyes (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano Puno, Perú.
- Campos, L. (2007). Evaluación nutricional del frijol mucuna (*Stizolobium deeringianum*) y su uso en la alimentación de cuyes en crecimiento y engorde (tesis de Magister Scientiae). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

- Cañas, R. (1998). Alimentación y Nutrición Animal. 2da Edición. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago-Chile.
- Caravaca, F. (2003). Base de la Nutrición Animal. Primera Edición. Editorial Universidad de Sevilla.
- Carciofi, A., Vacconcellos, R., y De Oliveira, L. (2007). *Chromic oxide as a digestibility marker for dogs*. Animal Feed Science and Technology. 134(3), 273-282.
- Castro, J., y Chirinos, D. (1997). Avances en nutrición y alimentación de cuyes. Crianza de cuyes. Guía didáctica. Universidad Nacional del Centro, Huancayo, Perú.
- Castro, J., y Chirinos, D. (2007). Nutrición Animal, Huancayo, Perú.
- Cavalari, A., Lopes, D., y Viana, J. (2006). Determinação do valor nutritivo de alimentos energéticos e proteicos utilizados em rações para cães adultos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(5), 1985-1991.
- Cerna, M. (1997). Evaluación de cuatro niveles de residuo de cervecería seca en el crecimiento-engorde de cuyes (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Chauca, L. (1997). Producción de Cuyes (*Cavia porcellus*). Producción y sanidad animal. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO). 128 p.
- Cho, C. (1987). La energía en la nutrición de los peces. Nutrición en acuicultura II. Madrid, España. p.197-237.
- Choubert, G., De La Noüe, J., y Luquet, P. (1982). Digestibility in fish: Improved device for the automatic collection of feces. *Aquaculture*, 29(2), 185-189.

- Church, D., Pond, W., y Pond, K. (2000). Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. 2da Edición. México, D.F. - México. Editorial Limusa, S.A.
- Correa, C. (1994). Determinación de la digestibilidad de insumos energéticos, proteicos y fibrosos en cuyes (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Crampton, E., y Harris, L. (1974). Nutrición Animal Aplicada. Ed. Acribia. Zaragoza, España.
- Cuadrado, L. (2008). Valoración energética de polvillo de arroz y afrecho de trigo utilizado en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*) (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- De Blas, C. (1989). Alimentación del conejo (*Oryctolagus Cuniculus*). Ediciones Mundi – Prensa. Madrid – España.
- Díaz, J., Parejo, C., y Pozuelo, I. (2003). Balance de los Recursos Naturales desde la Perspectiva del Sistema Económico, Recursos Naturales de Andalucía. Educación Ambiental. Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente.
- Dirección General de Políticas Agrarias (DGPA). (2017). Potencial del mercado internacional para la carne de cuy. Ministerio de Agricultura y Riego. Pag 13.
- Escudero, D. (2005). Evaluación del rendimiento y valor nutritivo del pasto “Mucuna” (*Stizolobium deeringianum*) a lo largo de su periodo vegetativo (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Fan, M., y Sauer, W. (1995). Determination of apparent ileal amino acid digestibility in barley and canola meal for pigs with the direct, difference and regression methods. *Journal Animal Science*. 73, 2364-2374.

- Farro, E. (2012). Digestibilidad aparente, energía digestible y metabolizable de cascarilla de cacao, polvillo de arroz y harina de pituca (*Colocasia esculenta*) en cuyes (*Cavia porcellus*) (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2009). Producción de cuyes (*Cavia porcellus*). Estudio FAO Producción y sanidad Animal. 138 p.
- Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). (2015). Composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos, sn, Madrid, España.
- Garay, I., Vergara, V., Chauca, L., y Remigio, R. (2008). Digestibilidad y energía digestible de la cáscara de algodón y cascarilla de arroz en cuyes (*Cavia porcellus*) (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- García, J., Carbaño, R., y De Blas, C. (2000). Necesidades de treonina en animales monogástricos. *J. Anim. Sci*, 78, 638.
- García, R. (2003). Determinación de la energía digestible de residuo seco de cervecera y raicilla de malta en cuyes (tesis pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Guerrero, A. (2017). Determinación de la digestibilidad y energía digestible de la paprika de descarte (*Capsicum annuum*) (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Gómez, M. (1998). Determinación de la digestibilidad y energía digestible del sorgo grano y la harina de pescado prime para el cuy (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

- Gómez, C., y Vergara, V. (1993). Fundamentos de nutrición y alimentación. I Curso nacional de capacitación en crianzas familiares. Págs. 38-50. INIA-EELM-EEBI.
- Guillaume, J., Kaushik, S., Bergot, P., y Métailler, R. (2004). Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Madrid. Mundi-Prensa. 475p.
- Hakanson, J. (2004). Factors affecting the digestibility of dieta. *Agric Res*, 4, 33-47.
- Hashim, K., Tahiruddin, S., y Asis, A. (2012). Palm and Palm Kernel Oil Production and Processing in Malaysia and Indonesia. *Palm Oil*, 235–250.
- Harmon, D. (2007). Experimental approaches to study the nutritional value of foods ingredients for dogs and cats. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.36. Suplemento especial, p.251-262.
- Huayhua, M. (2008). Determinación de los coeficientes de digestibilidad y energía digestible del bagazo de marigold (*Tagetes erecta*) y subproducto de trigo (*Triticum sativum*) por calorimetría en el cuy (*Cavia porcellus*) (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Hurtado, Di., Nocua, S., Narváez, W., y Vargas, J. (2012). Valor nutricional de la morera (*Morus sp*), matarratón (*Gliricidia sepium*), pasto indio (*Panicum máximum*) y arboloco (*Montanoa quadrangularis*) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*). *Vet Zootec*, 6(1), 56-65.
- Kavanagh, S., Lynch, P., O´mara, F. (2001). A comparison of total collection and marker technique for the measurement of apparent digestibility of diets for growing pigs. *Animal feed science and technology*. 89(1), 49-58.

- Lawrence, A., y Fox, J. (2008). Revisión de la Metodología Utilizada para Determinar la Digestibilidad Aparente de Nutrientes en Camarones Peneidos Marinos. Manual de Metodologías de Digestibilidad in vivo e in vitro para Ingredientes y Dietas para Camarón. Universidad Autónoma de Nuevo León, Nueva León, México.
- Linares, J. (2010). Nutrientes digestibles y energía metabolizable del Sacha Inchi (*Plukenetia volúbilis L.*) precocido peletizado y precocido extruido en cuyes (*Cavia porcellus*) en Tingo María (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú.
- Lizarralde, R. (2012). Tipos y características de la torta de palmiste. Indupalma.
- Lombard, J. (2005). The Chemical determination of tryptophane in food and mixed diets. *Analytical Biochemistry*, 10(2), 260-265.
- Losada, B., Cachaldora, P., Méndez, J., y De Blas, J. (2006). Utilización de la torta de palmiste en piensos de cebo de conejos. Departamento de Producción Animal, UPM, 28040 Madrid.
- Madrid, A., y Cenzano, I. (1997). *Manual de aceites y grasas comestibles*. Madrid, España: AMV
- Martínez, A. (2012). Enzimas en alimentación aviar: novedades y aplicación práctica. *Annals Research Academic CC. Veterinarian*, 20, 211-220.
- Maynard, L., Looski, J., Hintz, H., y Warner, R. (1986). *Nutrición Animal*. 7ma edición. Editorial Mc Graw- Hill. México.
- Mc Donald, P., Edwards, R., Greenhalgh, J., Morgan, C., Sinclair, L., y Wilkinson, R. (2011). *Nutrición Animal*. 7a edición. Zaragoza – España. Editorial Acribia, S. A. pág. 219-234.

- Montalvo, K., y Navarro, M. (2012). Determinación de la digestibilidad, energía digestible y metabolizable de la broza de arveja (*Pisum sativum*) y betarraga (*Beta vulgaris*) para la formulación de raciones en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*) (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- National Research Council (NRC). 1995. Requerimientos nutricionales para animales de laboratorio: Cuyes. Publicación N°990. Cuarta edición. Washington, D. C. USA. 192 pág.
- Ninanya, C. (1974). Coeficiente de digestibilidad del heno de alfalfa, afrechillo, maíz y harina de pescado, en cuyes (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Nwokolo, E., Bragg, D., y Kitts, W. (1976). The availability of amino acids from palm kernel, soybean, cottonseed, and rapeseed meal for the growing chick. *Poult Sci*, 55(6), 2300–2304.
- Ocampo, A. (1994). Rich fibrous Oil – residue from African oil palms as basal diet of Pigs; Effects of supplementation with methionine. *Livestock Res Rural Dev*. 55-59.
- Onuh, S., Ortserga, D y Okoh, J. (2010). Response of broiler chickens to palm kernel cake and maize offal mixed in different ratios. *Pak. J. Nutr*, 9, 516-519.
- Osorio, E., Giraldo, J., y Narváez, W. (2012). Metodologías para determinar la digestibilidad de los alimentos utilizados en la alimentación canina. *Vet. Zootec*, 6(1), 87-97.
- Pantzaris, T., y Jaaffar, A. (2002). Techno-economic Aspects of Palm Oil Kernel Meal as an Animal Feed. *Palmas*, 23(1), 53-61.

- Parra, J., y Gomez, A. (2009). Importancia de la utilización de diferentes técnicas de digestibilidad en la nutrición y formulación porcina. *Rev MVZ Córdoba*, 14(1), 1633-1641.
- Pezzato, L., Carvalho, E., Quintero, M., Massumitu, W., y Pezzato, A. (2002). Digestibilidade Aparente de Ingredientes pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Rev Bras Zootec*, 31(4), 1595-1604.
- Piccioni, M. (1970). Palma de aceite, torta de almendra. Diccionario de alimentación animal. Trad. de la tercera Edición Italiana por Marco M. Zaragoza, España. Editorial Acribia.
- Pirela, F. (2005). Valor Nutritivo de los Pastos Tropicales. Artículo del libro Manual de Ganadería Doble Propósito editado por el Grupo de Investigadores de la Reproducción Animal. Región Zuliana, Venezuela. 7 pág.
- Radim, D., Alimon, A., y Yusnita, Y. (1999). Proceedings of the 22nd Malaysian Society of Animal Production. *Kota Kinabalu*, 177-178.
- Remigio, R. (2006). Evaluación de tres niveles de lisina y aminoácidos azufrados en dietas de crecimiento para cuyes (*cavia porcellus*) mejorados (tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Revollo, K. (2003). Material de Difusión sobre Nutrición y Alimentación del Cuy (*Cavia aperea porcellus*) para estudiantes de pregrado y Productores Cochabamba – Bolivia.
- Reyes, N. (2012). Determinación de la digestibilidad y energía digestible de la harina de plumas hidrolizada en cuyes (*Cavia porcellus*) (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

- Reynaga, N. (2010). Determinación de la energía digestibles y metabolizable del subproducto de trigo, maíz amarillo y torta de soya en cuyes (*Cavia porcellus*) (tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Ricque, D., Nieto, M., Tapia, M., Guajardo, C., Villareal, D., Peña, A., y Cruz, L. (2008). Determinación de la Digestibilidad in vivo en Camarón. Manual de Metodologías de Digestibilidad in vivo e in vitro para Ingredientes y Dietas para Camarón. Universidad Autónoma de Nuevo León, Nueva León, México.
- Rivas, D. (2011). Diseño del plan de seguridad y salud en el trabajo en la empresa SIEXPAL de la ciudad de Santo Domingo (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Ecuador.
- Rostagno, H., Teixeira, L., Lopez, J., Gomez, P., Flavia de Oliveira, R., Lopez, D., y Soares, A. (2005). Composición de alimentos y requerimientos nutricionales (tablas brasileñas para aves y cerdos). 2° edición. Universidad Federal de Vicosa Brasil. 196 p.
- Ruiz, J. (2008). Evaluación del polvillo de arroz mediante pruebas de digestibilidad y alimentación en cuyes (*Cavia porcellus*) en la etapa de crecimiento (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Sánchez, N. (2012). Alimentación y Nutrición. Hojares Juveniles Campesinos, p 12-14.
- Saravia, J., Gomez, C., Ramirez, S., y Chauca, L. (1994). Evaluación de cuatro raciones para cuyes en crecimiento. En Resúmenes XVII Reunión Científica Anual A.P.P.A Lima.
- Schneider, B., y Flatt, W. (1975). The evaluation of feeds through digestibility experiments. *Athens*, 151-168.

- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI. (2019). Recuperado de <https://senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle&localidad=0033>.
- Sotelo, A., Contreras, C., Norabuena, E., Castañeda, R., Van heurck, M., y Bullón, L. (2016). Digestibilidad y energía digestible de cinco leguminosas forrajeras tropicales. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 82(3), 306 - 314.
- Torres, M. (2013). Evaluación de dos sistemas de alimentación en cuyes en la fase de reproducción basados en forraje más balanceado y balanceado más agua (tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Ecuador.
- Valls, A. (1993). El proceso de la extrusión en cereales y habas de soja. IX curso de especialización FEDNA. Barcelona España.
- Valenzuela, R. (2015). Determinación de la digestibilidad y energía digestible del forraje seco de mucuna (*Stizolobium deeringianum*) en cuyes (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Valerio, H. (2015). Determinación de la energía metabolizable y digestible del gluten de maíz, hominy feed y subproducto de trigo en cuyes (*Cavia porcellus*) (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Vargas, V. (1988). Estimación de los requerimientos de lisina aminoácidos azufrados y energía en cuyes de 3 a 13 semanas de edad (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Vergara, V. (2008). Simposio Avances sobre producción de cuyes en el Perú. En XXXI Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA). Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.

- Wheat, J., Spies, H., Tran C., y Kock, B. (1962). Effects of two protein levels on growth rate and feed efficiency of guinea pigs from different inbred lines. *Journal of Animal Science*, 22, 670–673.
- Yeong, S., Mudherjee, T., y Hutagalung, R. (2000). The Nutrition Value of Palm Kernel Cake as a Feedstuff for Poultry in Proceedings of National Workshop on Oil Palm By Product Utilisation. Kuala Lumpur. p.100.
- Zahari, M., y Abdul, A. (2003). Use of Palm Kernel Cake and Oil Palm by Products in Compound Feed. p40.
- Zaldivar, V. (2007). Digestibilidad y energía digestible de la harina integral de soya y del gluten de maíz en cuyes (*Cavia porcellus*) (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Zanatta, C., Félix, A., Brito, C. (2011). Digestibility of dry extruded food in adults dogs and puppies. *Arquivo Brasileiro de medicina veterinaria y zootecnia*, 63(3), 784-787.
- Zevallos, L. (1994). Evaluación Biológica de la hoja de Morera (*Morus indica*) mediante pruebas de digestibilidad y crecimiento en Cuyes (*Cavia porcellus*) (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Zumbado, M., Madrigal, S., y Marín, M. (1992). Composición y valor nutricional del palmiste o coquito integral de palma africana (*Elaeis guineensis*) en pollos de engorde. *Agronomía Costarricense*, 16(1), 83-89.

VIII. ANEXOS

**Anexo 1: Ecuación para la estimación de la energía bruta (Alimentation Equilibre
Commentry (AEC), 1978)**

$$EB = \%PC \times 5.7 + \%EE \times 9.3 + (\%FC + \%ELN) \times 4.1$$

Donde:

EB = Energía Bruta (Kcal/100 g)

PC = Proteína Cruda (%)

EE = Extracto Etéreo (%)

FC = Fibra Cruda (%)

ELN = Extracto Libre de Nitrógeno (%)

Anexo 2: Cantidad de dieta basal consumida por cada animal

N° Animal	Día	Alimento ofrecido (g)	Alimento residual (g)	Alimento consumido (g)	Total consumido (g)	Consumo promedio (g)	Consumo promedio base seca (g)
1	1	50.00	13.50	36.50	169.80	33.96	29.94
	2	50.00	13.80	36.20			
	3	50.00	18.4	31.60			
	4	50.00	18.1	31.90			
	5	50.00	16.4	33.60			
2	1	50.00	15.20	34.80	172.30	34.46	30.38
	2	50.00	10.80	39.20			
	3	50.00	18.80	31.20			
	4	50.00	17.40	32.60			
	5	50.00	15.50	34.50			
3	1	50.00	18.60	31.40	161.10	32.22	28.41
	2	50.00	16.80	33.20			
	3	50.00	16.20	33.80			
	4	50.00	18.40	31.60			
	5	50.00	18.90	31.10			

Continuación ...

4	1	50.00	17.40	32.60	163.20	32.64	28.78
	2	50.00	20.40	29.60			
	3	50.00	17.20	32.80			
	4	50.00	15.40	34.60			
	5	50.00	16.40	33.60			
5	1	50.00	19.20	30.80	161.80	32.36	28.53
	2	50.00	16.90	33.10			
	3	50.00	17.50	32.50			
	4	50.00	16.40	33.60			
	5	50.00	18.20	31.80			

Anexo 3: Cantidad de dieta experimental consumida por cada animal

N° Animal	Día	Alimento ofrecido (g)	Alimento residual (g)	Alimento consumido (g)	Total consumido (g)	Consumo promedio (g)	Consumo promedio base seca (g)
1	1	50.00	20.20	29.80	158.10	31.62	28.33
	2	50.00	18.20	31.80			
	3	50.00	16.80	33.20			
	4	50.00	18.20	31.80			
	5	50.00	18.50	31.50			
2	1	50.00	17.20	32.80	162.80	32.56	29.17
	2	50.00	16.20	33.80			
	3	50.00	17.60	32.40			
	4	50.00	18.40	31.60			
	5	50.00	17.80	32.20			
3	1	50.00	17.60	32.40	154.10	30.82	27.61
	2	50.00	19.80	30.20			
	3	50.00	19.20	30.80			
	4	50.00	19.40	30.60			
	5	50.00	19.90	30.10			

Continuación ...

4	1	50.00	17.40	32.60	158.60	31.72	28.42
	2	50.00	18.00	32.00			
	3	50.00	18.20	31.80			
	4	50.00	19.40	30.60			
	5	50.00	18.40	31.60			
5	1	50.00	20.20	29.80	158.8	31.76	28.46
	2	50.00	18.90	31.10			
	3	50.00	18.50	31.50			
	4	50.00	16.40	33.60			
	5	50.00	17.20	32.80			

Anexo 4: Peso de las heces de los animales alimentados con la dieta basal

N° Animal	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Total	Promedio/ Día	%Ms heces	Ms heces (g)
1	18.20	16.80	19.20	20.40	17.80	92.40	18.48	40.84	7.55
2	18.20	16.90	20.40	15.20	22.2	92.90	18.58	38.42	7.14
3	15.90	18.20	17.70	18.80	20.80	91.40	18.28	41.94	7.67
4	19.20	21.80	23.40	19.40	23.90	107.70	21.54	40.48	8.72
5	20.80	20.30	21.80	22.20	22.90	108.00	21.60	39.47	8.53

Anexo 5: Peso de las heces de los animales alimentados con la dieta experimental

N° Animal	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Total	Promedio/ Día	%Ms heces	Ms heces (g)
1	19.20	20.50	26.80	19.20	18.90	104.60	20.92	41.24	8.63
2	18.40	20.40	21.80	19.60	22.40	102.60	20.52	37.90	7.78
3	22.30	20.40	18.60	19.20	18.60	99.10	19.82	39.80	7.89
4	20.40	20.80	19.40	18.40	19.40	98.40	19.68	37.80	7.44
5	20.40	22.20	23.90	19.30	20.80	106.60	21.32	38.40	8.19

Anexo 6: Composición químico proximal y energética de las heces con dieta basal

Tratamiento	N° Animal	MS	Hd	PC	EE	FB	Cz	ELN	MO	EB (Kcal/100g)	EB (Kcal/kg)
Dieta basal Tal como ofrecido	1	88.80	11.20	18.43	4.23	12.40	10.89	42.85	77.91	370.915	3710.00
	2	90.20	9.80	21.58	3.86	11.45	9.48	43.93	80.72	385.392	3850.00
	3	89.10	10.90	20.62	3,67	10.00	9.21	45.60	78.89	379.625	3800.00
	4	88.90	11.10	18.20	3.78	11.44	8.34	47.14	80.56	379.072	3790.00
	5	90.60	9.40	20.44	3.51	11.68	8.89	46.08	81.71	385.967	3860.00
Promedio		89.52	10.48	19.85	3.81	11.39	9.36	45.12	79.96	380.194	3800.00
Desviación estándar		0.823	0.823	1.472	0.269	0.872	0.954	1.718	1.529	6.083	0.060
CV, %		0.919	7.851	7.417	7.060	7.654	10.188	3.807	1.912	1.600	1.571
Dieta basal base seca	1	100.00	0.00	20.75	4.76	13.96	12.26	48.25	87.74	417.70	4180.00
	2	100.00	0.00	23.81	4.28	12.69	10.51	48.70	89.49	427.26	4270.00
	3	100.00	0.00	23.14	4.12	11.22	10.34	51.18	89.66	426.07	4260.00
	4	100.00	0.00	20.47	4.25	12.87	9.38	53.03	90.62	426.40	4260.00
	5	100.00	0.00	22.56	3.87	12.89	9.81	50.86	90.19	426.01	4260.00
Promedio				22.15	4.26	12.73	10.46	50.40	89.54	424.69	4250.00
Desviación estándar				1.474	0.325	0.980	1.001	1.953	1.001	3.938	0.037
Coefficiente de Variabilidad %				6.654	7.632	7.699	10.523	3.874	1.229	0.927	0.875

Anexo 7: Composición químico proximal y energética de las heces con dieta experimental

Tratamiento	N° Animal	MS	Hd	PC	EE	FB	CZ	ELN	MO	EB (Kcal/100g)	EB (Kcal/kg)
Dieta experimental Tal como ofrecido	1	93.28	6.72	18.69	8.24	15.40	5.40	52.27	87.88	460.61	4610.00
	2	91.80	8.20	19.06	7.92	14.62	6.40	52.00	85.40	455.44	4550.00
	3	92.20	7.80	18.94	5.86	14.68	7.30	53.22	84.90	440.85	4410.00
	4	92.40	7.60	20.38	7.60	15.44	7.84	48.74	84.56	449.98	4500.00
	5	92.60	7.40	20.04	6.20	16.02	7.23	50.51	85.37	444.66	4450.00
Promedio		92.46	7.54	19.42	7.16	15.23	6.83	51.35	85.62	450.31	4510.00
Desviación estándar		0.547	0.547	0.741	1.066	0.586	0.952	1.752	1.310	7.968	0.079
CV, %		0.592	7.257	3.817	14.886	3.844	13.941	3.413	1.530	1.769	1.759
Dieta experimental base seca	1	100.00	0.00	20.04	8.83	16.51	5.79	56.04	94.21	493.80	4940.00
	2	100.00	0.00	20.76	8.63	15.93	6.97	56.64	93.03	496.12	4960.00
	3	100.00	0.00	20.54	6.36	15.92	7.92	57.72	92.08	478.14	4780.00
	4	100.00	0.00	22.06	8.23	16.71	8.48	52.75	91.52	487.00	4870.00
	5	100.00	0.00	21.64	6.70	17.30	7.81	54.55	92.19	480.20	4800.00
Promedio				21.01	7.75	16.47	7.39	55.54	92.61	487.05	4870.00
Desviación estándar				0.825	1.141	0.579	1.047	1.935	1.047	7.971	0.081
Coefficiente de Variabilidad %				3.928	14.720	3.516	14.155	3.484	1.130	1.637	1.655

Anexo 8: Nutrientes ingeridos y excretados en la dieta basal en base seca

Total de nutrientes ingeridos (g)								
Tratamiento	N° Animal	Consumo Ms (g)	Proteína (g)	Grasa (g)	Fibra (g)	Ceniza (g)	ELN (g)	MO (g)
Dieta basal en base seca	1	29.94	4.99	1.28	2.72	1.69	19.26	28.25
	2	30.38	5.06	1.30	2.76	1.72	19.54	28.66
	3	28.41	4.73	1.22	2.58	1.60	18.27	26.80
	4	28.78	4.79	1.23	2.62	1.63	18.51	27.15
	5	28.53	4.75	1.22	2.60	1.61	18.35	26.92
Total de nutrientes excretados (g)								
Tratamiento	N° Animal	Cantidad excretada (g)	Proteína (g)	Grasa (g)	Fibra (g)	Ceniza (g)	ELN (g)	MO (g)
Dieta basal en base seca	1	7.55	1.57	0.36	1.05	0.93	3.64	6.62
	2	7.14	1.70	0.31	0.91	0.75	3.48	6.39
	3	7.67	1.77	0.32	0.86	0.79	3.75	6.87
	4	8.72	1.79	0.37	1.12	0.82	4.43	7.90
	5	8.53	1.92	0.33	1.10	0.84	4.34	7.69

Anexo 9: Cálculo de los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes de la dieta basal

	N° Animal	PC (%)	EE (%)	FB (%)	CZ (%)	ELN (%)	MO (%)
Coefficiente de digestibilidad de nutrientes	1	68.58	71.99	61.31	45.27	81.09	76.56
	2	66.40	76.55	67.21	56.28	82.21	77.71
	3	62.49	74.07	66.70	50.61	79.46	74.35
	4	62.75	69.95	57.14	49.68	76.08	70.90
	5	59.51	73.00	57.65	48.09	76.37	71.43

Anexo 10: Nutrientes ingeridos y excretados en la dieta experimental en base seca

Total de nutrientes ingeridos (g)								
Tratamiento	N° Animal	Consumo Ms (g)	Proteína (g)	Grasa (g)	Fibra (g)	Ceniza (g)	ELN (g)	MO (g)
Dieta experimental en base seca	1	28.33	4.97	2.61	3.41	1.20	16.13	27.13
	2	29.17	5.12	2.69	3.52	1.24	16.61	27.94
	3	27.61	4.84	2.55	3.33	1.17	15.72	26.44
	4	28.42	4.98	2.62	3.43	1.21	16.18	27.22
	5	28.46	4.99	2.63	3.43	1.21	16.20	27.25
Total de nutrientes excretados (g)								
Tratamiento	N° Animal	Cantidad excretada (g)	Proteína (g)	Grasa (g)	Fibra (g)	Ceniza (g)	ELN (g)	MO (g)
Dieta experimental en base seca	1	8.63	1.73	0.76	1.42	0.50	4.74	8.13
	2	7.78	1.61	0.67	1.24	0.54	4.15	7.23
	3	7.89	1.62	0.50	1.26	0.62	4.47	7.26
	4	7.44	1.64	0.61	1.24	0.63	3.84	6.81
	5	8.19	1.77	0.55	1.42	0.64	4.02	7.55

Anexo 11: Cálculo de los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes de la dieta experimental

	N° Animal	PC (%)	EE (%)	FB (%)	CZ (%)	ELN (%)	MO (%)
Coefficiente de digestibilidad de nutrientes	1	65.20	70.86	58.29	58.43	70.61	70.04
	2	68.43	75.08	64.78	56.18	75.01	74.10
	3	66.53	80.33	62.27	46.67	71.59	72.53
	4	67.09	76.68	63.71	47.63	76.25	74.99
	5	64.49	79.13	58.71	47.04	75.17	72.30

Anexo 12: Cálculo de los coeficientes de digestibilidad de la torta de palmiste

	Fórmula	N° animal	MS (%)	PC (%)	EE (%)	FC (%)	CZ (%)	ELN (%)	MO (%)
Coefficiente de digestibilidad de la torta de palmiste	[100(T-B) /40]+B	1	61.68	60.13	69.15	53.77	78.18	54.89	60.26
		2	68.60	71.49	72.88	61.13	56.02	64.22	59.66
		3	69.07	72.60	89.72	55.61	40.76	59.77	65.25
		4	73.44	73.61	86.76	73.58	44.57	76.51	91.34
		5	72.90	71.96	88.33	60.29	45.46	73.37	75.77
Promedio			69.14	69.96	81.37	60.88	52.99	65.75	70.46
Desviación estándar			4.706	5.551	9.599	7.746	15.173	9.081	13.342
% Coeficiente de variabilidad			6.806	7.935	11.798	12.725	28.629	13.812	18.936

Anexo 13: Energía digestible de la dieta basal (base seca)

Tratamiento	N° animal	EB alimento Kcal/kg	EB heces Kcal/kg	Cantidad heces Qh (g)	Ingesta alimentos Ia (g)	Energía Digestible (Kcal/kg)
Dieta basal (B)	1	4360.00	4180.00	7.55	29.94	3310.00
	2	4360.00	4270.00	7.14	30.38	3360.00
	3	4360.00	4300.00	7.67	28.41	3200.00
	4	4360.00	4300.00	8.72	28.78	3060.00
	5	4360.00	4260.00	8.53	28.53	3090.00
Promedio		4360.00	4260.00	7.92	29.21	3200.00
Desviación estándar			0.049	0.675	0.893	0.132
%Coeficiente de variabilidad			1.154	0.514	3.057	4.109

Anexo 14: Energía digestible de la dieta experimental (base seca)

Tratamiento	N° animal	EB alimento Kcal/kg	EB heces Kcal/kg	Cantidad heces Qh (g)	Ingesta alimentos Ia (g)	Energía Digestible (Kcal/kg)
Dieta experimental (T)	1	4690.00	4940.00	8.63	28.33	3190.00
	2	4690.00	4960.00	7.78	29.17	3370.00
	3	4690.00	4780.00	7.89	27.61	3320.00
	4	4690.00	4870.00	7.44	28.42	3420.00
	5	4690.00	4800.00	8.19	28.46	3310.00
Promedio		4690.00	4870.00	7.99	28.40	3320.00
Desviación estándar			0.081	0.449	0.554	0.086
%Coeficiente de variabilidad			1.655	5.621	1.949	2.584

Anexo 15: Energía digestible de la torta de palmiste

N° animal	ED dieta experimental (Kcal/kg)	ED dieta Basal (Kcal/kg)	% sustitución (torta de palmiste)	ED (Kcal/kg)
1	3190.00	3310.00	40.00	3010.00
2	3370.00	3360.00	40.00	3380.00
3	3320.00	3200.00	40.00	3510.00
4	3420.00	3060.00	40.00	3950.00
5	3310.00	3090.00	40.00	3640.00
Promedio	3320.00	3210.00	40.00	3500.00
Desviación estándar	0.086	0.132	-	0.345
%Coeficiente de variabilidad	2.584	4.109	-	9.869