

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA**



**“DIGESTIBILIDAD APARENTE Y ENERGÍA DIGESTIBLE DE
LA HARINA DE HOJAS DE MORINGA (*Moringa oleífera*) EN
CUYES (*Cavia porcellus*)”**

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

SHEILA ROSA TINOCO LEÓN

Lima – Perú

2025

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

12% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text
- Cited Text
- Small Matches (less than 8 words)

Exclusions

- 41 Excluded Sources

Top Sources

- 11%  Internet sources
- 5%  Publications
- 3%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA
“DIGESTIBILIDAD APARENTE Y ENERGÍA DIGESTIBLE DE
LA HARINA DE HOJAS DE MORINGA (*Moringa oleífera*) EN
CUYES (*Cavia porcellus*)”**

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

Presentado por:

SHEILA ROSA TINOCO LEÓN

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Ph.D. Víctor J. Vergara Rubín
PRESIDENTE

Ph.D. Alejandrina H. Sotelo Méndez
ASESORA

Ph.D. Víctor Hidalgo Lozano
MIEMBRO

Mg. Sc. José Luis Cántaro
Segura
MIEMBRO

Mg. Sc. Cristina Rivera Romero
CO-ASESORA

DEDICATORIA

A mis padres Rosa y Marcial por el amor incondicional, su educación, ejemplo de fortaleza, lucha en la vida y apoyo en cada paso que doy, son mi inspiración para asumir los retos de la vida con esfuerzo y valentía, a mis hermanos por acompañarme a lo largo de toda mi carrera.

A Kervin mi amor por ser mi compañero de vida, a Valentina mi bella hija por devolverme a la vida y ser el impulso para seguir luchando.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi profundo agradecimiento a la Ph.D. Alejandrina Sotelo Méndez por su asesoría, paciencia y apoyo a lo largo del presente trabajo.

A mi alma mater la Universidad Nacional Agraria La Molina, por la formación profesional de parte de los docentes de la Facultad de Zootecnia.

INDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1	Planta de Moringa	3
2.1.1	Taxonomía de la moringa.....	3
2.1.2	Características botánicas y agronómicas	4
2.1.3	Valor nutricional.....	6
2.1.4	Factores anti nutricionales.....	8
2.2	Digestibilidad	9
2.2.1	Coeficiente de digestibilidad	9
2.2.2	Factores que afectan la digestibilidad	9
2.3	Energía digestible	11
2.4	El Cuy.....	12
2.4.1	Generalidades	12
2.4.2	Fisiología digestiva del cuy	13
2.4.3	Requerimientos nutricionales del cuy	14
2.5	Utilización de la Moringa en la alimentación animal.....	16
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1	Ubicación.....	18
3.2	Instalaciones y equipos.....	18
3.3	Animales experimentales	18
3.4	Dietas experimentales.....	19
3.5	Insumo en estudio.....	20
3.6	Prueba de digestibilidad	21
3.7	Análisis químico proximal	22
3.8	Cálculo de los coeficientes de digestibilidad	22

3.9	Estimación de la energía digestible	23
3.10	Parámetros estadísticos.....	24
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1	Digestibilidad de la harina de hojas de moringa	25
4.2	Energía digestible de la harina de hojas de moringa	27
V.	CONCLUSIONES.....	29
VI.	RECOMENDACIONES	30
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
VIII.	ANEXOS.....	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Toneladas de moringa disponible en el Perú 2012	6
Tabla 2.	Composición de harina de Moringa oleífera deshidratada	6
Tabla 3.	Contenido de aminoácidos en las hojas de Moringa	7
Tabla 4.	Contenido de vitaminas y minerales de las hojas de la Moringa.....	8
Tabla 5.	Valores de digestibilidad de diferentes forrajes	11
Tabla 6.	Energía digestible de diferentes forrajes determinados en cuyes.	12
Tabla 7.	Requerimientos nutricionales para cuyes en crecimiento en base fresca	15
Tabla 8.	Análisis químico proximal y energético de la dieta basal	19
Tabla 9.	Análisis químico proximal y energético de la dieta experimental (40% harina de hojas de moringa y 60% dieta basal)	20
Tabla 10.	Análisis químico proximal y energético de la harina de hojas de moringa.	21
Tabla 11.	Coeficientes de digestibilidad aparente de la harina de hojas de moringa.	25
Tabla 12.	Energía digestible de la harina de hojas de moringa (base seca).....	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Hojas de moringa	5
Figura 2. Anatomía digestiva del cuy	13
Figura 3. Jaula metabólica para cuyes	18

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Cantidad de la dieta basal (D_b) ingerida por cada animal	42
Anexo 2. Cantidad de la dieta experimental (D_e) ingerida por cada animal	43
Anexo 3. Peso de las heces de los animales alimentados con la dieta basal (D_b) (g).....	44
Anexo 4. Peso de las heces de los animales alimentados con la dieta experimental (D_e) (g)	45
Anexo 5. Composición químico proximal y energética de las heces (base seca)	46
Anexo 6. Cálculos de los coeficientes de digestibilidad de la dieta basal (base seca) ...	47
Anexo 7. Coeficiente de digestibilidad de la dieta basal (base seca)	48
Anexo 8. Cálculos de los coeficientes de digestibilidad de la dieta experimental (base seca)	49
Anexo 9. Coeficiente de digestibilidad de la dieta experimental (base seca).....	50
Anexo 10. Coeficiente de digestibilidad de la harina de hojas de moringa (base seca).51	
Anexo 11. Energía digestible de la dieta basal (base seca)	52
Anexo 12. Energía digestible de la dieta experimental (base seca).....	53
Anexo 13. Energía digestible de la harina de hojas de moringa (base seca).....	54
Anexo 14. Peso de cuyes inicial y final.....	55

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo determinar la digestibilidad aparente y estimar la energía digestible de las hojas de moringa (*Moringa oleífera*) a través de ensayos de digestibilidad *in vivo* en 10 cuyes machos mejorados tipo 1 de la granja de Cieneguilla de la UNALM con peso promedio de 650 g colocados de forma aleatoria en jaulas metabólicas. El estudio se llevó a cabo en dos partes una fase de pre-experimentación (25 días) y la fase experimental de colección de heces (5 heces), se suministraron dos dietas, una basal compuesta por 100 por ciento de subproducto de trigo suministrado a cinco cuyes y una dieta experimental compuesta por 40 por ciento de harina de hojas de moringa y 60 por ciento de dieta basal suministrado a los otros cinco cuyes. Los coeficientes de digestibilidad y la energía digestible de la harina de hojas de moringa se determinaron a partir del método indirecto con resultados en base seca, considerando como dieta basal el subproducto de trigo. Los coeficientes de digestibilidad de la harina de hojas de moringa determinados para cada nutriente son: 71.15 por ciento de materia seca, 69.95 por ciento de materia orgánica, 78.53 por ciento de proteína total, 81.91 por ciento de extracto etéreo, 80.81 por ciento de fibra cruda, 65.50 por ciento de ceniza y 65.29 por ciento de extracto libre de nitrógeno, además se estimó el valor de la energía digestible de la harina de hojas de moringa que es de 3.49 kcal/g.

Palabras clave: digestibilidad, energía digestible, cuyes, *Moringa oleífera*.

ABSTRACT

The study aimed to determine the apparent digestibility and estimate the digestible energy of moringa leaves (*Moringa oleifera*) through in vivo digestibility tests in 10 improved type 1 male guinea pigs from the Cieneguilla farm of UNALM with an average weight of 650 g randomly placed in metabolic cages. The study was carried out in two parts, a pre-experimentation phase (25 days) and the experimental phase of feces collection (5 feces), two diets were provided, a basal diet composed of 100 percent wheat by-product supplied to five guinea pigs and an experimental diet composed of 40 percent moringa leaf flour and 60 percent basal diet supplied to the other five guinea pigs. The digestibility coefficients and digestible energy of moringa leaf flour were determined using the indirect method with results on a dry basis, considering wheat by-products as the basal diet. The digestibility coefficients of moringa leaf flour determined for each nutrient are: 71.15 percent dry matter, 69.95 percent organic matter, 78.53 percent total protein, 81.91 percent ether extract, 80.81 percent crude fiber, 65.50 percent ash, and 65.29 percent nitrogen-free extract. In addition, the digestible energy value of moringa leaf flour was estimated at 3.49 kcal/g.

Keywords: digestibility, digestible energy, guinea pigs, *Moringa oleifera*

I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años en Perú se ha ido incrementando la demanda de la carne de cuy, ya que contribuye de gran manera a la seguridad alimentaria por la calidad nutricional y palatabilidad de su carne. El movimiento migratorio de la población del campo a las ciudades ha ocasionado una mayor aceptación de esta especie, llegando a incrementar su población a más de 18.7 millones a nivel nacional (INIA, 2020), con ello en paralelo también se incrementa la necesidad de tener mayor disponibilidad de fuentes alimenticias para su crianza.

Un factor importante para el crecimiento en la crianza de cuyes es la disponibilidad de forrajes, el cual se ve afectado por el problema de reducción de áreas de cultivo producto del aumento de centros poblados. Por esa razón se ve la necesidad de buscar alternativas de nuevos insumos de buena calidad a fin de cubrir la demanda de nutrientes por parte de la especie en estudio, que además permitan mantener poblaciones y proveer a la población de carne de cuy (Ccahuana, 2008).

Según Agudelo (2020) la moringa tiene gran importancia a nivel nutricional ya que destaca en su contenido de proteína, calcio, hierro, y vitaminas a nivel de las hojas, por lo que sería una opción para incluir en la dieta de los animales. Por esta razón, se es de interés la determinación de la digestibilidad aparente y la energía digestible realizando ensayos de digestibilidad *in-vivo* en cuyes. Esto debido a que existe pocas investigaciones que informen sobre el contenido nutricional de la harina de hoja de moringa en cuyes, sin embargo Caro *et al.* (2020) hallaron en conejos una digestibilidad aparente de la proteína del 75 por ciento, lo cual demuestra un potencial nutritivo de la harina de forraje de moringa cuando la sustitución es de un 30 por ciento.

La planta de moringa es una buena fuente de nutrientes que al ser empleada en humanos dio buenos resultados en mejorar la desnutrición en aquellas regiones (África, India y Latinoamérica) con altos índices de desnutrición (Haro, 2015). Es por ello que se introduce al Perú con la importación de semilla desde México en el año 1999 con la autorización del SENASA, este proyecto inició con 555 plantas en Ica (Chepote, 2018).

Según Garavito (2008) los contenidos nutricionales de las hojas deshidratadas y molidas a los 54 días de siembra (época de su primer corte) son: proteína 24.9 por ciento, extracto etéreo 4.62 por ciento, fibra cruda 23.6 por ciento., lo cual posiciona a la moringa como un forraje de importancia en la formulación de raciones.

Es importante mencionar que el valor nutricional de los ingredientes se puede ver en un análisis químico pero el valor real será de cuanto es aprovechado por el organismo animal. La digestibilidad está considerada como la cantidad de nutrientes que no pasa hasta las heces por lo tanto se considera que fue absorbida por el animal (Mc Donald *et al.*, 2013). Esa capacidad del alimento que es aprovechado puede ser influenciada por varios factores, de los cuales se encuentra los niveles de proteína bruta de la dieta (Escudero, 2005).

El estudio tiene por objetivo determinar los coeficientes de digestibilidad aparente y estimar la energía digestible de la harina de hojas de moringa a través de ensayos de digestibilidad *in vivo* en cuyes.

.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Planta de Moringa

La moringa se encuentra dentro de la familia de los árboles, teniendo origen desde hace muchos años en el norte de India. Actualmente el cultivo se encuentra en muchos lugares como el medio Oriente y casi todo el cinturón tropical (Foidl *et al.*, 2001), a lo largo del tiempo las plantaciones en el Caribe destinaron a exportación el aceite de la planta hacia Europa (Balbir, 2005).

Posee propiedades benéficas tanto para la salud como para el medio ambiente obtenidos de diferentes productos como son las hojas, los tallos, las raíces, el fruto, la flor y las semillas (Peña *et al.*, 2013), observando el consumo de las hojas en muchos países de África occidental y partes de Asia (Balbir, 2005). También se cultiva en América central, del Sur y México, se considera uno de los árboles más útiles del mundo debido a que casi todas sus partes se pueden utilizar como alimento o tienen otra propiedad beneficiosa (Paliwal *et al.*, 2011) como lo afirma Gómez (2013), algunos estudios muestran propiedades antimicrobianas contra bacterias, las infusiones de hojas y semillas actúan también contra *pseudomonas*, *staphylococos* y algunos hongos.

Las plantaciones de Moringa en el Caribe durante el siglo XIX trabajaron en la exportación del aceite extraído de la semilla para perfumes y lubricantes para maquinaria (Liñán, 2010) otro de sus usos según Gutiérrez (2022) es aplicar *Moringa Oleífera* como coagulante orgánico ya que es favorable con el medio ambiente y posee altas propiedades en la eliminación de turbidez de agua.

Con respecto a la parte económica Carpio (2020) evaluó el forraje de marango en el crecimiento de cuyes en dos sistemas de alimentación en el cual la alimentación mixta con maíz chala evidenció en promedio el mejor mérito económico con 16.73 por ciento sobre la alimentación mixta con marango.

2.1.1 Taxonomía de la moringa

La taxonomía de la moringa se presenta según Jemal (2017):

Reino : Plantae,

Clase : Magnoliosida,
Orden : Capparales,
Familia : Moringaceae,
Género: Moringa

Por otro lado, además de la especie Moringa oleífera que es la más conocida se encuentran doce especies de este género: *M. arborea* *M. borziana* *M. concanensis* *M. drouhardii* *M. hildebrandtii* *M. longituba* *M. ovalifolia* *M. peregrina* *M. pygmaea* *M. rivaie* *M. ruspoliana* *M. stenopetala* (Balbir, 2005). Asimismo, la moringa es un árbol con una versatilidad ecológica, por su capacidad de adaptación a distintas condiciones edafoclimáticas, está valorado con un buen perfil nutricional y buenos rendimientos de biomasa lo cual hacen que sea un recurso fitogenético de importancia en la producción; cumpliendo diferentes roles en los diferentes sistemas como fuente de alimentación, abono verde, cerca viva, producción de etanol y goma, entre otros (Pérez *et al.*, 2010).

Los nombres comunes que recibe es marango, árbol de rábano picante, árbol milagro, árbol de la vida, teberinto, arango, narango, árbol de las perlas, chinto borrego, jacinto, paraíso blanco, san jacinto, perla de la India, árbol del ben, perlo, Perla, Palo Geringa. Resedá, Palo Jeringa, Paraíso Francés, cañafístula (Chepote, 2012).

2.1.2 Características botánicas y agronómicas

Dentro de las características botánicas según Liñán (2010) tenemos que:

- Puede alcanzar una altura desde 7 hasta 12 m.
- Las hojas tienen posición alterna con longitudes de hasta 70 cm.
- La floración se puede dar durante todo el año o una vez por año, depende a los cambios de temperatura y precipitación.
- Las semillas son liberadas por las vainas maduras, estas son de color pardo y diámetro de 1 cm.

La siembra de moringa se realiza por almacigo y por siembra directa o en campo definitivo, dentro de los cuales es importante definir con que finalidad va a tener la plantación ya que puede ser para producción de semilla y para obtención de follaje o biomasa, para el primer caso

el distanciamiento entre plantas es de 3 m x 3 m y para el segundo caso la siembra se realiza cada 10 cm x 10 cm (Chepote, 2018). Con respecto a la profundidad de siembra se evalúa la medida que permita un adecuado desarrollo radicular, absorción de nutrientes y emergencia de las plántulas que para el caso de la moringa no debe sobrepasar los 2 cm (Reyes y Mendieta, 2017).

La cosecha de las hojas de moringa se puede realizar de manera manual cuando el terreno es pequeño con ayuda de una hoz y estas pueden ser utilizadas de manera fresca o deshidratadas (Figura 1). El corte de las hojas se realiza en intervalos de 45 – 60 días esto puede variar por efectos del clima, así como también su rendimiento el cual es aproximadamente 2.5 t/ha (Chepote, 2018; Chuquihuaraca, 2020)



Figura 1. Hojas de moringa

López y Quiñones (2013) reportan que en el año 2012 se contaba con 730 ha aproximadamente de siembra de moringa en el país distribuidas en los departamentos de Ica, Piura y Lambayeque lo cual hace una producción de 1825 toneladas de moringa fresca o 338 toneladas de harina de las cuales el 80 por ciento es destinado para exportación como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Toneladas de moringa disponible en el Perú 2012

	Ha (2012)	Tn (Frescas)	Tn (Harina)
Ica (Fundo El Arenal – Valle de Villacuri)	500	1250	231
Piura (Wilfredo Rodriguez)	100	250	46
Lambayeque - Punto 9 (Moringalife – Dr. Arriola)	120	300	56
Lambayeque - Pátapo (Agrorural – Bernardino Lalopu)	10	25	5
Total		1825	338
Para exportación (80 por ciento)		1460	270.4

Fuente: López y Quiñones (2013)

2.1.3 Valor nutricional

El valor nutricional de las hojas de Moringa se muestra en la Tabla 2, se observa que las hojas tienen un alto porcentaje de proteína variando desde 24 a 27.1 por ciento según determinaciones de diferentes autores. La variación de la concentración de nutrientes puede deberse en parte de las condiciones externas como la estación, el clima, la condición del suelo, las enmiendas, la especie, etc. (Balbir, 2005).

Tabla 2. Composición de harina de Moringa oleífera deshidratada

	Hojas¹	Hojas²	Hojas³	Tallos¹	Hojas y tallos¹
Materia seca, %	89.60	-	-	88.87	89.66
Proteína (N x 6.25), %	24.99	24 ± 5.80	27.10	11.22	21.00
Extracto etéreo, %	4.62	6 ± 2.50	2.30	2.05	4.05
Fibra cruda, %	23.60	9 ± 7.45	19.20	41.90	33.52
Cenizas, %	10.42	-	-	11.38	10.18
Extracto no nitrogenado, %	36.37	-	-	33.45	31.25
TDN, %	63.72	-	-	45.17	55.12
Energía digestible, Mcal/kg MS	2.81	-	-	1.99	2.43
Energía metabolizable, Mcal/kg MS	2.30	-	-	1.63	1.99

Fuente: ¹Garavito (2008); ²Witt (2013); ³Balbir (2005)

Las hojas de moringa también tienen un perfil de aminoácidos en concentraciones apreciables, ello se debe en parte porque dentro de los macronutrientes que lo componen el nivel de proteína total es el que resalta en la Tabla 3.

Tabla 3. Contenido de aminoácidos en las hojas de Moringa

mg/g	Hojas Frescas¹	Hojas Secas¹	Hojas Secas²	Hojas Secas³
Arginina	4.066	13.25	nd	17.800
Histidina	1.498	6.130	6.192	7.200
Isoleucina	2.996	8.250	14.088	11.800
Leucina	4.922	19.50	20.112	19.600
Lisina	3.424	13.25	140.880	16.400
Metionina	1.177	3.500	7.848	3.000
Fenilalanina	3.103	13.88	22.680	16.400
Treonina	1.177	11.880	9.768	13.600
Triptófano	1.070	4.250	5.184	4.900
Valina	3.745	10.630	15.048	14.100

Fuente: ¹Balbir (2005); ²Witt (2013); ³Moyo *et al.* (2011)

Las hojas y tallos de la moringa al mes de la siembra pueden ofrecer un 30 por ciento de proteína además de minerales y vitaminas que se encuentran en mayor proporción que muchos otros alimentos de consumo humano comparándose el porcentaje similar al del huevo, el doble de la proteína de leche, el triple del potasio del plátano, 3.6 el calcio de la leche, siete veces la vitamina C de la naranja, 3.6 la vitamina A de la zanahoria (Garavito 2008). En la Tabla 4, se aprecia las vitaminas y minerales de las hojas de moringa en el cual se destaca valores importantes en calcio y potasio. Asimismo, para Fuglie (2001), la moringa es una alternativa de solución para la desnutrición en África occidental y otras regiones de trópicos, las hojas disponen de cantidades importantes de vitamina C, complejo B, vitaminas, calcio, potasio, magnesio y un buen balance de los aminoácidos esenciales.

Tabla 4. Contenido de vitaminas y minerales de las hojas de la Moringa

mg/g	Hojas Frescas¹	Hojas Secas¹	Hojas Secas²	Hojas Secas³
Caroteno (Vit. A)	0.0678	0.1890	nd	nd
Tiamina (B1)	0.0060	0.0264	0.026	0.0285
Riboflavina (B2)	0.0005	0.2050	0.0129-0.2050	0.2260
Niacin (B3)	0.0080	0.0820	0.0820	0.0886
Vitamina C	2.2000	0.1730	1.7200	0.1870 - 1.4000
Calcio	4.4000	20.0300	18.9700	20.0000
Cobre	0.0007	0.0057	0.0090	0.0095
Hierro	0.0085	0.2820	0.3250	3.8000
Magnesio	0.4200	3.6800	4.7300	0.1060
Fósforo	0.7000	2.0400	2.9700	1.1210
Potasio	2.5900	13.2400	14.6700	20.7190
Zinc	0.0016	0.0329	0.0240	0.0220

Fuente: ¹ Balbir (2005); ² Witt (2013); ³ López (2016)

2.1.4 Factores anti nutricionales

Es importante la evaluación de los alimentos para una buena respuesta de los animales ya que se puede ver limitado por el nivel de lignina o la presencia de factores anti nutricionales como por ejemplo los taninos (Sanon, 2007).

Para el caso de la moringa se han determinado bajos porcentajes de taninos siendo este el 1.4 por ciento y libre de taninos condensados lo cual asegura que las hojas no producen efecto adverso. Además de ello contiene saponinas en un 5 por ciento, fitatos en un 2.5 por ciento, pero no se han encontrado glucósidos cianogénicos, ni actividad de inhibidores de tripsina, amilasa y lecitinas lo que convierte a estas hojas aptas para consumo humano sin efectos adversos (Reyes y Mendieta, 2017).

Según De Blas *et al.* 2003 citados por Velásquez (2014) el organismo de los herbívoros pos gástricos como los conejos y cuyes son poco sensibles a la presencia de saponinas en la dieta, debido a que realizan hidrolisis de estos compuestos en la flora cecal.

2.2 Digestibilidad

Es importante conocer la calidad y que tan digestibles son los alimentos con los cuales se componen la dieta debido a que de estas dependen el rendimiento y bienestar de los animales. Se puede definir la digestibilidad como la fracción de alimento consumido que no se encuentra en las heces y se asume que se absorbe en el tracto intestinal (Osorio *et al.*, 2012).

Existe algunas limitaciones con la prueba de digestibilidad ya que no se puede precisar todas las pérdidas con exactitud, no obstante, es de gran importancia ya que nos proporciona una primera aproximación del valor nutritivo a partir de su composición química, logrando determinar la pérdida de energía en las heces (Campos, 2007).

2.2.1 Coeficiente de digestibilidad

La determinación del coeficiente de digestibilidad aparente hace referencia al registro dl total de alimento ingerido y el total de heces excretadas en un período de tiempo, este método es más utilizado y se llama “Colección total” (Church *et al.*, 2002).

Existen métodos *in vivo* para determinar el coeficiente de digestibilidad de un alimento, el directo como la recolección total de heces, los indirectos cuando se usan indicadores, métodos *in situ* como la canulación ileal y los métodos *in vitro* donde se usan enzimas y técnicas de fermentación (Osorio *et al.*, 2012).

2.2.2 Factores que afectan la digestibilidad

a. Composición del alimento

La composición química de los alimentos interviene en la digestibilidad ya que dichas composiciones no son constantes, por lo general la fracción de fibra de los alimentos es lo que más puede variar con relación a la pared celular y al contenido celular dependiendo al grado de lignificación (McDonald *et al.*, 2013).

b. Consumo de alimento

La digestibilidad se puede ver afectada por el aumento en la cantidad consumida del alimento lo cual ocasiona una reducción de la misma, la velocidad de pasaje del alimento por el tracto

digestivo es determinada por el nivel de ingestión lo cual ocasiona que se acelere el paso del alimento reduciéndose el tiempo para la absorción y digestión (Huayhua, 2008).

c. Factor Animal

La especie a la que pertenece los animales vendría a ser el factor más importante. Por ejemplo, en el caso de los alimentos fibrosos son mejor digeridos por los rumiantes que los no rumiantes, en el caso de los coeficientes de digestibilidad aparente de la proteína de los cerdos suelen ser mayores a comparación de los rumiantes ya que el contenido de nitrógeno metabólico en las heces es menor (McDonald *et al.*, 2013).

d. Preparación de la dieta

Los alimentos son sometidos a tratamientos en su proceso de elaboración tales como el picado, troceado, aplastamiento, molienda y cocción. Así es el caso de los granos de cereales que deben ser aplastados en algunas especies y para otras ser molidas de lo contrario pueden atravesar intactos el tracto intestinal (McDonald *et al.*, 2013).

La preparación de alimento balanceado en harina tiene algunas desventajas como la disminución de la palatabilidad, reducción en el consumo, etc. Sin embargo, la fabricación de alimento en pellets soluciona alguno de estos problemas además de aumentar el valor nutritivo con una mayor digestibilidad debido al proceso térmico al que es sometido (Shimada, 2003). Los factores antes citados van a influir a la digestibilidad de los nutrientes como se aprecia en la Tabla 5.

Tabla 5. Valores de digestibilidad de diferentes forrajes

Alimentos	Porcentaje de digestibilidad de los nutrientes de diferentes forrajes							Autores
	MS	PC	EE	FC	CZ	ELN	MO	
Cebada FVH	77.60	62.32	82.03	76.12	58.01	82.69	76.75	Carhuallanqui (2021)
Maíz chala	50.19	62.58	45.78	46.91	-	43.35	-	Saravia <i>et al.</i> (1992)
Alfalfa	60.67	64.96	40.92	32.27	-	75.14	-	Saravia <i>et al.</i> (1992)
Morera	70.90	76.16	23.50	66.85	55.02	89.71	-	Delgado (2019)
Mucuna	66.29	74.02	60.18	50.82	73.33	78.22	66.13	Valenzuela <i>et al.</i> (2020)
Alfalfa	76.53	81.84	-	65.56	-	87.15	-	Aguirre (2008)
Kudzu	42.90	81.07	68.86	30.77	74.18	30.55	40.57	Cuibin <i>et al.</i> (2020)
<i>Pueraria phaseoloides</i>	35.36	53.94	14.46	17.84	15.38	48.21	36.97	Sotelo <i>et al.</i> (2016)
<i>Stylozanthos guianensis</i>	37.91	43.86	8.33	18.50	42.63	55.15	37.60	Sotelo <i>et al.</i> (2016)
<i>Erythrina poeppigiana</i>	24.09	41.52	8.87	18.22	25.61	16.77	23.87	Sotelo <i>et al.</i> (2016)
<i>Centrocema macrocarpum</i>	32.27	49.08	4.87	26.44	11.16	45.02	36.06	Sotelo <i>et al.</i> (2016)
<i>Arachis pinto</i>	51.96	56.80	19.42	29.46	14.50	71.32	56.51	Sotelo <i>et al.</i> (2016)
Trebol rojo	77.9	78.7	-	58	-	-	-	Campos (2003)
Moringa	69	78	-	-	-	-	70	Rodríguez (2011)
Moringa	70.5	65.5	-	-	-	-	-	Pérez (2010)

MS: Materia seca, PC: proteína cruda, EE: Extracto etéreo, FC: Fibra cruda, CZ: Ceniza, ELN: Extracto libre de nitrógeno, MO: Materia orgánica

2.3 Energía digestible

La energía digestible aparente resulta de la energía bruta menos la energía contenida en las heces que provienen de la ingestión del mismo alimento (McDonald *et al.*, 2013). Pero la

energía digestible aparente no representa una medida exacta de la digestibilidad en la dieta ya que existen varios productos que son secretados en el tubo gastrointestinal que luego terminan en las heces del animal, así como también existen células del tracto gastrointestinal que también pueden ser desechados en las excretas (Church *et al.*, 2002).

Tabla 6. Energía digestible de diferentes forrajes determinados en cuyes.

Insumo	Energía digestible (kcal/g MS)	Autor
Frijol mucuna remojado	3.770	Campos (2007)
Frijol mucuna tostado	3.660	Campos (2007)
Alfalfa	3.172	Aguirre (2008)
Hoja de morera	3.170	Zevallos (1994)
Hoja de camote	3.080	Saravia <i>et al.</i> (1992)
Hoja de morera	2.962	Villanueva (2016)
Frijol mucuna crudo	2.890	Campos (2007)
Forraje seco de mucuna	2.610	Valenzuela (2020)
Broza de arveja	2.577	Montalvo (2012)
Alfalfa	2.560	Saravia <i>et al.</i> (1992)
Bagazo de marigold	2.370	Huayhua (2008)
Broza de betarraga	2.310	Montalvo (2012)
Harina de kudzu	1.979	Cuibin (2020)
Maíz chala	1.890	Saravia <i>et al.</i> (1992)

2.4 El Cuy

2.4.1 Generalidades

La población de cuyes en el país cada vez va más en aumento en las zonas de la sierra y costa, se ha demostrado que la carne de esta especie es una fuente principal de proteína en las poblaciones de zonas rurales (Chauca, 2005), por ello es que ha generado mayor importancia la crianza de cuy, así como también por la contribución en la generación de ingresos familiares (Velis, 2017). Según la encuesta nacional agropecuaria INEI (2019), la población de cuyes se

ha incrementado del año 2015 al 2019 como también el número de productores, el cual contribuye con la seguridad alimentaria del país.

2.4.2 Fisiología digestiva del cuy

La digestión en el cuy se da inicio en la cavidad bucal donde el alimento es dividido, formando el bolo alimenticio el cual se va a dar paso al estómago, esta especie a diferencia de otros monogástricos presentan motricidad gástrica lenta, la cual es influenciada por la cantidad de ingesta, el tipo de alimento y la presencia de cecotrofos (Chisag, 2016). Todo este proceso se lleva a cabo en la estructura digestiva como se muestra en la Figura 2.

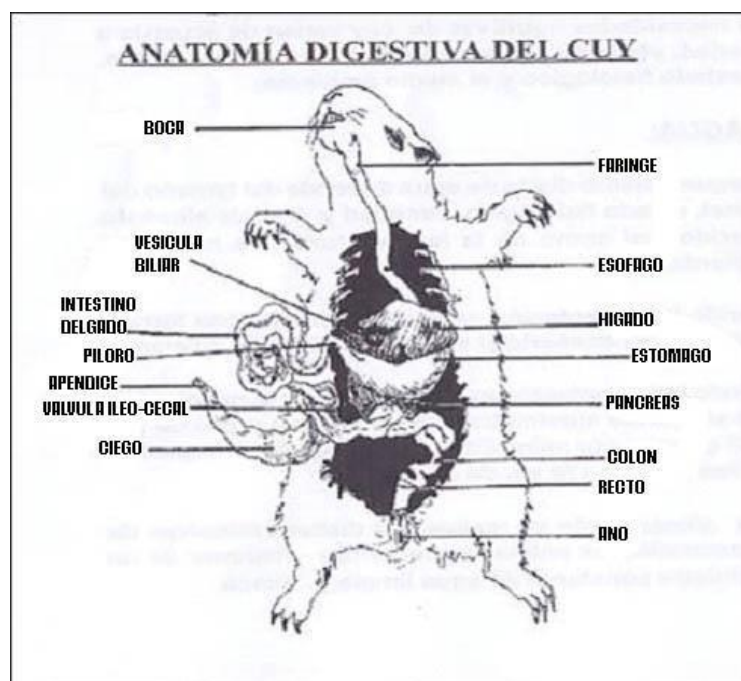


Figura 2. Anatomía digestiva del cuy

Esta especie posee un estómago donde da inicio a la digestión enzimática y un ciego funcional en el cual se realiza fermentación a través de la flora bacteriana y protozoarios, ambos microorganismos son los que realizan la fermentación de alimentos fibrosos (Caycedo, 2000); dentro de las funciones motoras que cumple el estómago es la de almacenar alimento hasta poderlo transferir hacia el duodeno, realizar un mezclado entre el alimento y las secreciones gástricas hasta formar el quimo, una vez terminado dará inicio al vaciado al duodeno a una

velocidad necesaria para la digestión y absorción adecuada en el intestino delgado (Guyton y Hall, 2001).

Una vez estando en el intestino delgado ahí el quimo es sometido a la secreción biliar y posteriormente a la pancreática, el pH durante la primera varía entre 6.4 y 6.7 que en combinación con la secreción de las glándulas de la mucosa duodenal neutralizan la acidez entre 8 y 8.2 pH. Durante la secreción pancreática se realiza la digestión de las proteínas, carbohidratos y grasas para ser convertidas en monosacáridos, aminoácidos y ácidos grasos las cuales van a cruzar las células epiteliales del intestino para dirigirse al torrente sanguíneo a los vasos linfáticos. Así como también son absorbidos un gran porcentaje de agua, vitaminas, cloruro de sodio y algunos microelementos (Solórzano y Sarria, 2014).

Aquellos alimentos que no lograron ser digeridos junto con el agua que no fue absorbida pasan al intestino grueso que si bien es cierto no existe digestión enzimática si hay una digestión microbiana ya que los cuyes se caracterizan de tener un ciego desarrollado el cual se ubica en la primera porción del intestino grueso. Aunque esta digestión es limitada a comparación con la anterior, se logra la absorción de cantidades moderadas de sodio, agua, vitaminas, entre otros y el resto que no logra ser absorbido ni digerido pasa a ser eliminado por el ano (INIA como se citó en Sandoval, 2013).

Acosta, (2012) citado por Jaimes, (2019) afirma que los cuyes producen dos tipos de heces, de las cuales una es eliminada como heces duras y la otra es rica en nitrógeno por lo que va a ser reutilizada por el animal ingiriéndolas nuevamente proceso denominado cecotrofia realizado generalmente durante las noches.

2.4.3 Requerimientos nutricionales del cuy

Los requerimientos nutricionales están referidos a los nutrientes que un animal necesita para su mantenimiento, crecimiento, reproducción y producción, los cuales dependerán del medio ambiente, edad, estado fisiológico y genotipo (Jaimes, 2019).

Una de las vitaminas más importantes para el cuy es la vitamina C ya que no se sintetiza ni se almacena en su organismo provocando pérdida de apetito, parálisis de los miembros posteriores

y disminución del crecimiento. Con respecto a los minerales se debe establecer una adecuada relación del calcio y fósforo para prevenir alteraciones metabólicas (Caycedo 2000; citado por Jaimes, 2019). La razón por la que esta especie no sintetiza la vitamina C es porque no produce la enzima L-gulonolactona oxidasa, por lo tanto, es necesario su adición en el alimento balanceado o de forma natural en el forraje fresco (NRC como se citó en Inga, 2008).

Caycedo (2000) menciona que en la etapa de crecimiento es satisfactorio usar dietas con un 13 a 17 por ciento de proteína, así como también un 18 por ciento en la etapa de gestación y de 18 a 22 por ciento en la etapa de lactancia. Asimismo, según NRC (1995); citado por Vergara (2008) reporta que un 18 por ciento de proteína en dietas para la etapa de crecimiento es adecuado para lograr un buen rendimiento. El cuy es una especie que tiene una buena capacidad de consumo, como se muestra en la etapa de crecimiento en cuyes machos desde 43 a 48 g/día (Torres *et al.*, 2006).

Tabla 7. Requerimientos nutricionales para cuyes en crecimiento en base fresca

Nutrientes	NCR (1995)	Vergara (2008)
Energía digestible Mcal/kg	3,00	2,28
Proteína total %	18,00	18,00
Fibra cruda%	15,00	8,00
Lisina	0,84	0,83
Metionina	0,36	0,36
Metionina + Lisina	0,60	0,74
Arginina	1,20	1,17
Treonina	0,60	0,59
Triptófano	0,18	1,18
Calcio	0,80	0,80
Fósforo	0,40	0,40
Sodio	0,20	0,20
Ácido ascórbico mg/100g	20,00	20,00

Fuente: NRC (1995) y Vergara (2008)

2.5 Utilización de la Moringa en la alimentación animal

Se considera a la moringa un forraje apto a ser empleada en la producción de diferentes especies considerando entre ellas ovinos, camélidos, vacunos, porcinos, aves entre otros, en vista que le hace interesante su contenido de proteínas y otros nutrientes. Su inclusión en las dietas se puede hacer en húmedo para consumo inmediato, seco e incluso liofilizado para una conservación más prolongada (Montesinos, 2010).

Según Rodríguez (2011) la moringa en fresco o ensilado puede ser utilizada como única dieta en la alimentación de vacuno lechero sin tener algún efecto negativo sobre el consumo, digestibilidad, producción de leche y en análisis financiero tuvo mayor utilidad que con la alimentación convencional.

Las semillas de moringa poseen entre 30 y 42 por ciento de aceite y la torta de moringa contiene un 60 por ciento de proteína Echo (1995) citado por Mejía y Mora (2008). Característica nutricional que lo hace de interés al insumo a ser incluido en raciones para animales. En este sentido, Ben Salem y Makkar (2009) hallaron una mejor fermentación ruminal y ganancia de peso en corderos cuando suministraron una dieta con inclusión de torta de moringa.

Mejía y Mora (2008) evaluaron el comportamiento productivo de ovinos alimentados con dieta basal pasto guinea como primer tratamiento, luego como segundo tratamiento dieta basal más 0.35 kg de moringa y al tercero dieta basal más 0.5 kg de moringa de lo cual se concluyó que el forraje de *Moringa olífera* incrementa la ganancia de peso, mejora el consumo total de MS y conversión alimenticia. Por otro lado, se investigó los efectos de reemplazar la alfalfa con Moringa en dietas para ovinos en Arabia Saudita donde se concluyó que la inclusión de marango mejora las características de la carcasa con una disminución de la deposición de la grasa sin embargo se recomienda más investigación en dosis de inclusión y efectos a largo plazo (Khalid *et al.*, 2004).

Rodriguez (2011) estudió el forraje de moringa oleífera fresco y ensilado, con un tratamiento control de *P. purpureum*, el cual reflejó que la moringa puede ser usada como único alimento para vacas lecheras sin efectos negativos en la producción de leche. Su estudio financiero

evidencio que su uso en cualquier presentación da mayor rentabilidad que la alimentación tradicional en Nicaragua.

Se evaluó el efecto de la inclusión del marango como fuente forrajera en la dieta de cuyes en el cual el primer factor evaluado fue el forraje ofrecido (1.Marango; 2.Maíz chala) y el segundo factor el sistema de alimentación (1.Solo forraje; 2. Mixto) dando mejores resultados en la alimentación mixta ya que su inclusión en la dieta eleva el contenido de proteína pero no la respuesta productiva del cuy (Carpio, 2020).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación

El experimento se realizó en el bioterio y los análisis proximales en el laboratorio de servicios, ambos corresponden al Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA), perteneciente al Departamento Académico de Nutrición de la Facultad de Zootecnia de la UNALM.

3.2 Instalaciones y equipos

Se utilizaron 10 jaulas metabólicas de acero con un área de 0.256 m² cada una (38 cm. de largo x 36 cm. de ancho y 30 cm. de altura), con comedero metálico incorporado, piso de malla de acero y debajo una bandeja metálica en forma de embudo para la colección de heces y orina en forma separada, además, para suministro de agua se usaron bebederos tipo pocillo de arcilla.



Figura 3. Jaula metabólica para cuyes

3.3 Animales experimentales

Se utilizaron 10 cuyes machos mejorados tipo 1, provenientes de la granja de Cieneguilla de la UNALM, con un peso promedio de 650 g cada cuy fue distribuido al azar en cada jaula

metabólica, donde se formaron 2 grupos de 5 animales, un grupo recibió la dieta basal y el otro la dieta experimental, los mismos que fueron alimentados a las 9 a.m. todos los días hasta finalizar el experimento.

3.4 Dietas experimentales

Se usó la harina de hojas de *Moringa oleífera* además del subproducto de trigo como alimento basal en forma de harina.

- Dieta basal: 100 por ciento de subproducto de trigo
- Dieta experimental: 40 por ciento de harina de hojas de moringa + 60 por ciento de dieta basal

Se adicionó vitamina C protegida a una concentración de 0.2 g/kg de alimento que es lo recomendado por la NRC (1995), siendo está debidamente almacenada para asegurar su estabilidad y posteriormente realizando el monitoreo de adición de dosis exacta de este insumo en el alimento.

Los análisis químicos proximales de las dietas fueron realizados bajo las técnicas establecidas por la A.O.A.C (2016), dichos resultados se presentan en las Tablas 8 y 9.

Tabla 8. Análisis químico proximal y energético de la dieta basal

Componentes	Base parcialmente seca (tal como ofrecido)	Base seca
Humedad, %	10.82	0.00
Materia seca, %	89.18	100
Proteína cruda, %	14.04	15.74
Fibra cruda, %	8.83	9.90
Extracto etéreo, %	3.38	3.79
ELN, %	56.05	62.85
Cenizas, %	6.88	7.71
Materia orgánica, %	82.30	92.29
Energía bruta, Kcal/g		4.23

Fuente: Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos, UNALM.

Tabla 9. Análisis químico proximal y energético de la dieta experimental (40% harina de hojas de moringa y 60% dieta basal)

Componentes	Base parcialmente seca (tal como ofrecido)	Base seca
Humedad, %	11.07	0.00
Materia seca, %	88.93	100
Proteína cruda, %	18.01	20.25
Fibra cruda, %	14.07	15.82
Extracto etéreo, %	5.26	5.91
ELN, %	44.61	50.16
Cenizas, %	6.98	7.85
Materia orgánica, %	81.95	92.15
Energía bruta, Kcal/g		4.41

Fuente: Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos, UNALM.

3.5 Insumo en estudio

En el presente trabajo se utilizó las hojas de moringa procedentes del fundo Oasis de Santa María, Huaura. Se contó con 10 kg de hojas frescas de moringa, luego se realizó secado a 60°C por dos días en estufa, se realizó la molienda y finalmente se tomó una muestra para el análisis químico proximal que se presenta en la Tabla 10.

Tabla 10. Análisis químico proximal y energético de la harina de hojas de moringa

Componentes	Base fresca	Base parcialmente seca	Base seca
Humedad, %	79.92	11.24	0.00
Materia seca, %	20.08	88.76	100.00
Proteína cruda, %	5.87	25.96	29.25
Fibra cruda, %	3.35	14.80	16.67
Extracto etéreo, %	1.51	6.68	7.53
ELN, %	7.33	32.40	36.50
Cenizas, %	2.02	8.92	10.05
Materia orgánica, %	18.06	79.84	89.95
Energía bruta, Kcal/g			4.55

Fuente: Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos, UNALM.

3.6 Prueba de digestibilidad

El estudio tuvo como primer periodo la adaptación de cinco días con el objetivo fue cambiar de manera gradual el alimento hasta llegar al consumo con una proporción de 40 por ciento de hojas de moringa y 60 por ciento de subproducto de trigo para un grupo de cuyes, mientras que, el otro grupo solo se suministró la dieta basal (subproducto de trigo). Los siguientes 20 días a los animales se les suministró alimento de forma diaria (70g) a una hora determinada (9 a.m.) y agua fresca *ad libitum*.

El período de colección de heces tuvo una duración de 5 días (Anexo 4 y 5), la colección se efectuó haciendo uso de un dispositivo de forma de embudo que forma parte de la jaula metabólica, el cual facilitó la colección de heces. Posteriormente las heces fueron pesadas de forma individual, colocadas en bolsas de polietileno, etiquetadas y refrigeradas. Al final del periodo experimental las heces de cada animal fueron mezcladas, limpiadas (de pelos), secadas y molidas para efectuar el análisis químico proximal correspondiente. El alimento y heces fueron pesadas en una balanza electrónica de 0.1g de sensibilidad marca OHAUS, modelo GT 2100.

3.7 Análisis químico proximal

En el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) se realizó el análisis químico proximal de los insumos, dieta basal, dieta experimental (con participación de Moringa) y heces colectadas en la fase experimental de la prueba de digestibilidad según las normas establecidas por la A.O.A.C (2016).

3.8 Cálculo de los coeficientes de digestibilidad

En base a los resultados obtenidos del análisis proximal de las dietas y de las heces, se determinó el porcentaje de digestibilidad de los nutrientes aplicando el método directo para los macro nutrientes (MS, TE, EE, FC, CZ, ELN Y MO). Mientras que para determinar la digestibilidad de la harina de hoja de moringa (Anexo XI) se utilizó el método indirecto de digestibilidad descrito por Cramptom y Harris (1974).

Con los datos que se obtuvieron se calculó la digestibilidad de la materia orgánica, los nutrientes digestibles y nutrientes digestibles totales (NDT) en base seca de las hojas de moringa.

Método directo:

$$CD (\%) = \frac{\text{Nutriente Ingerido (gr)} - \text{Nutriente Heces (gr)}}{\text{Nutriente Ingerido (gr)}} \times 100$$

CD : Coeficiente de digestibilidad aparente

NI : Nutriente Ingerido

NH : Nutriente heces

Método indirecto:

$$CD (\%) = \frac{100 (M - B)}{S} + B$$

Donde:

- CD : Coeficiente de digestibilidad del alimento en estudio
- M : Coeficiente de digestibilidad de la dieta experimental
- B : Coeficiente de digestibilidad de la dieta basal
- S : Porcentaje del alimento en estudio en la ración

3.9 Estimación de la energía digestible

La energía digestible se determinó hallando previamente la energía bruta de los insumos y de las heces, para lo cual se utilizó la siguiente ecuación (Alimentation equilibre commentry, 1978):

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

Dónde:

EB = Energía Bruta (Kcal/100g)

PC = Proteína Cruda (%)

EE = Extracto Etéreo (%)

FC = Fibra Cruda (%)

ELN = Extracto Libre de Nitrógeno (%)

Por otro lado, para la estimación de la energía digestible del insumo en estudio se aplicó la ecuación descrita por Cramptom y Harris (1974), como se indica:

$$ED = EB - \frac{EH \times Qh}{ai}$$

Donde:

ED : Energía digestible del alimento (Kcal/kg)

EB : Energía bruta del alimento (Kcal/kg)

EH : Energía bruta de las heces (Kcal/kg)

Qh : Cantidad de heces por día (Kg)

ai : Cantidad de alimento ingerido por día (Kg)

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

EDtp : Energía digestible del insumo

EDe : Energía digestible de la dieta experimental

EDb : Energía digestible de la dieta basal

% de sustitución: Porcentaje en que se sustituye el subproducto de trigo

3.10 Parámetros estadísticos

Se utilizó la estadística descriptiva empleando valores como promedio ($\bar{X}$) desviación Standard (D.E.) y coeficiente de variabilidad (C.V.%). Esto debido a que en este estudio no existieron tratamientos y sólo se usaron repeticiones (cuy) en cada determinación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Digestibilidad de la harina de hojas de moringa

Dentro de los resultados que se ha podido obtener en el presente trabajo de investigación se puede observar los coeficientes de digestibilidad para cada uno de los componentes nutricionales de la harina de hojas de moringa se presenta en la Tabla 11.

Tabla 11. Coeficientes de digestibilidad aparente de la harina de hojas de moringa

Parámetros	Digestibilidad (%)	C.V (%)
Materia seca	71.15 ± 0.81	1.14
Materia orgánica	69.95 ± 3.12	4.45
Proteína cruda	78.53 ± 2.64	3.36
Extracto etéreo	81.91 ± 7.26	8.86
Fibra cruda	80.81 ± 5.97	7.38
Ceniza	65.50 ± 4.86	7.41
Extracto libre de nitrógeno	65.29 ± 2.98	4.57

El coeficiente de digestibilidad de la materia seca obtenido de la harina de hojas de moringa es de 71.15 por ciento, valor superior a otros forrajes evaluados en la misma especie, siendo para la alfalfa (60.67 por ciento) reportado por Saravia *et al.* (1992), a la morera (70.9 por ciento) citado por Delgado (2019), a la mucuna (66.29 por ciento) hallado por Valenzuela *et al.* (2020), al kudzu (42.9 por ciento) determinado por Cuibin *et al.* (2020), a Pueraria phaseoloides (35.36 por ciento), stylozanthus guianensis (37.91 por ciento), Erythrina poeppigiana (24.09 por ciento), Centrocema macrocarpum (32.27 por ciento), Arachis pintoi (51.96 por ciento) hallados por Sotelo *et al.* (2016). Sin embargo, tuvo una menor digestibilidad que la alfalfa (76.53 por ciento) y trébol rojo (77.9 por ciento) reportados por Aguirre (2008) y Campos (2003).

La variabilidad de la digestibilidad de la materia seca y materia orgánica están relacionadas al contenido de fibra, es decir a mayor cantidad de fibra la digestibilidad tiende a disminuir ya que la fibra aumenta la velocidad de tránsito del contenido intestinal lo que origina una menor

absorción de nutrientes (Aliaga, 2009). Asimismo, puede influenciar en la digestibilidad la edad de la planta como las enmiendas recibidas en su cultivo.

El coeficiente de digestibilidad de la proteína cruda fue de 78.5 por ciento, el cual es mayor a la alfalfa (64.96 por ciento) reportado por Saravia *et al.* (1992), a la morera (76.16 por ciento) hallado por Delgado (2019), a la mucuna (74.02 por ciento) consignado por Valenzuela *et al.* (2020), a *Pueraria phaseoloides* (53.94 por ciento), *Styloanthus guianensis* (43.86 por ciento), *Erythrina poeppigiana* (41.52 por ciento), *Centrocema macrocarpum* (49.08 por ciento), *Arachis pintoi* (56.80 por ciento) descubiertos por Sotelo *et al.* (2016). Sin embargo, tuvo una menor digestibilidad a la alfalfa (81.84 por ciento), al kudzu (81.07 por ciento), trébol rojo (78.7 por ciento) hallado por Aguirre (2008), Cuibin *et al.* (2020) y Campos (2003).

La digestibilidad de la proteína puede tener diferencias debido a factores inherentes a la naturaleza de las proteínas ya que no todas son digeridas, absorbidas y utilizadas en la misma cantidad. Esto puede deberse a la presencia de componentes no proteicos con influencia en la digestión como por ejemplo los taninos y fitatos, así como también a las condiciones de elaboración que interfieran en los procesos enzimáticos de liberación de los aminoácidos (Church *et al.*, 2002).

El coeficiente de digestibilidad de la fibra cruda de la harina de hoja de moringa fue de 80.8 por ciento el cual fue superior a la alfalfa (32.27 por ciento) reportado por Saravia *et al.* (1992), a la morera (66.85 por ciento) consignado por Delgado (2019), a la mucuna (50.82 por ciento) hallado por Valenzuela *et al.* (2020), a la alfalfa (65.56 por ciento) citado por Aguirre (2008), al kudzu (30.77 por ciento) reportado por Cuibin *et al.* (2020), al trébol rojo (58 por ciento) hallado por Campos (2003) y a *Pueraria phaseoloides* (17.84 por ciento), *Styloanthus guianensis* (18.5 por ciento), *Erythrina poeppigiana* (18.22 por ciento), *Centrocema macrocarpum* (26.44 por ciento), *Arachis pintoi* (29.46 por ciento) citados por Sotelo *et al.* (2016).

El porcentaje de digestibilidad de la fibra tiende a variar según la edad de la planta y que por lo general a mayor edad el grado de lignificación del forraje se incrementa afectando la concentración de proteínas y de azúcares solubles elevándose el contenido de fibra (celulosa,

hemicelulosa y lignina), lo que hace que disminuya gradualmente la digestibilidad (Ramírez Orduña *et al.*, 2002; Savon, 2015).

El extracto etéreo de la harina de hojas de moringa tuvo un coeficiente de digestibilidad de 81.9 por ciento superior a los reportados por Saravia *et al.* (1992) para alfalfa (40.92 por ciento), Delgado (2019) para morera (23.5 por ciento), Valenzuela *et al.* (2020) para mucuna (60.18 por ciento), Cuibin *et al.* (2020) para kudzu (68.86 por ciento), Sotelo *et al.* (2016) para *Pueraria phaseoloides* (14.46 por ciento), *stylozanthos guianensis* (8.33 por ciento), *Erythrina poeppigiana* (8.87 por ciento), *Centrocema macrocarpum* (4.87 por ciento), *Arachis pintoi* (19.42 por ciento).

En cuanto a la digestibilidad de ELN se encontró un valor de 65.3 por ciento, valor superior al kudzu (30.55 por ciento) consignado por Cuibin *et al.* (2020). Asimismo, mostró superioridad respecto a la *Pueraria phaseoloides* (48.21%), *stylozanthos guianensis* (55.15 por ciento), *Erythrina poeppigiana* (16.77 por ciento), *Centrocema macrocarpum* (45.02 por ciento) citados por Sotelo *et al.* (2016). Sin embargo, fue menor a la alfalfa (75.14 por ciento) y alfalfa (87.15 por ciento) reportados por Saravia *et al.* (1992) y Aguirre (2008). También fue menor a lo hallado por Delgado (2019) para la morera (89.71 por ciento), a la mucuna (78.22 por ciento) y *Arachis pintoi* (71.32 por ciento) consignado por Valenzuela *et al.* (2020) y Sotelo *et al.* (2016). Esta variabilidad de digestibilidad del extracto libre de nitrógeno en parte esta influenciada por la concentración de los nutrientes que compone el insumo.

4.2 Energía digestible de la harina de hojas de moringa

La energía digestible determinada para la harina de hojas de moringa fue de 3.49 kcal/g en base seca como se indica en el Tabla 12. El valor determinado es similar a la energía de la alfalfa (3.172 kcal/g) y hoja de morra hallado por Aguirre (2008) y Zevallos (1994), pero superior a la hoja de camote (3.08 kcal/g) reportado por Saravia (1992), al forraje seco de mucuna (2.61kcal/g) reportado por Valenzuela (2020), a la alfalfa (2.56 kcal/g) reportado por Saravia (1992), esta superioridad en parte se debe a su alto valor de proteína con relación a los insumos evaluados por los diferentes autores.

Tabla 12. Energía digestible de la harina de hojas de moringa (base seca)

Componentes	Dieta basal	Dieta experimental (60% dieta basal y 40% harina de hojas de moringa)	Harina de hojas de moringa
Energía bruta del alimento, Kcal/g	4.23	4.41	-
Energía bruta de las heces, Kcal/g	4.27 ± 0.02	4.33 ± 0.01	-
Cantidad de heces, g/día	8.24 ± 0.26	8.86 ± 0.34	-
Ingestión de alimento, g/día	30.38 ± 0.23	32.80 ± 0.2	-
Energía digestible, Kcal/g	3.07 ± 0.04	3.24 ± 0.05	3.49

V. CONCLUSIONES

Luego del desarrollo del presente trabajo de investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

- a. Los coeficientes de digestibilidad de la harina de hojas de moringa fueron para materia seca: 71.15 por ciento, materia orgánica: 69.95 por ciento, proteína cruda: 78.53 por ciento, extracto etéreo: 81.91 por ciento, fibra cruda: 80.81 por ciento, ceniza: 65.50 por ciento, extracto libre de nitrógeno: 65.29 por ciento.
- b. La energía digestible estimada en base seca de la harina de hojas de moringa fue de 3.49 kcal/g.

VI. RECOMENDACIONES

- a. Utilizar los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes y el valor de energía digestible de la harina de hojas de moringa determinados en el presente trabajo para la formulación de dietas.
- b. Realizar evaluaciones que permitan determinar el nivel de inclusión óptimo de la harina de hojas de moringa en la alimentación de cuyes.
- c. Realizar ensayos de digestibilidad de la harina de hojas de moringa en otras especies.
- d. Realizar ensayos de digestibilidad en la harina de hojas más tallos.
- e. Realizar evaluaciones de los subproductos de la moringa.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agudelo, L. (2020). Empleo del polvo de hojas de Moringa Oleífera Lam como fortificante en un alimento enfocado a la población infantil colombiana menor de 4 años (Trabajo de grado para optar por el título de Especialista en Alimentación y Nutrición, Corporación Universitaria Lasallista Facultad de Ingenierías. Caldas, Antioquia). Recuperado de: <https://repository.unilasallista.edu.co/server/api/core/bitstreams/33705842-4826-4c8b-8228-d9f278e93fe3/content>
- Aguirre, J. (2008). Determinación de la composición química y el valor de la energía digestible a partir de las pruebas de digestibilidad en alimentos para cuyes (Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1502/1/17T0874.pdf>
- Aliaga, R. (2009) . Producción de Cuyes. 1.ed. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú. p.145-178.
- Association of Official Agriculture Chemists (A.O.A.C). (2016). Official Methods of Analysis. 13 Ed. Washington, D.C. 125 p.
- Apaza, C. (2016). Proyecto de prefactibilidad implementación de una planta piloto de extracción de aceite esencial de moringa. (Proyecto de grado para optar el título de Ingeniero Industrial, Universidad mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia). Recuperado de: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/21644/TES-936.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Balbir, M. (2005). Trees for life: Moringa Book. St Louis, EUA. Recuperado de: https://treesforlife.org/sites/default/files/documents/Moringa_Book_Sp%28screen%29.pdf
- 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).

- Ben Salem, H. y Makkar, H.P.S. (2009). Defatted *Moringa oleifera* seed meal as a feed additive for sheep. *Animal Feed Science and Technology*. 150:27. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840108002629>
- Campos, J. (2003). Digestibilidad de leguminosas y gramíneas forrajeras en la alimentación de cuyes (Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad mayor de San Simón Cochabamba Bolivia). Recuperado de: <https://scholarsarchive.byu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=6340&context=etd>
- Campos, J. (2007). Evaluación nutricional del frijol mucuna (*Stizolobium deeringianum*) y su uso en la alimentación de cuyes en crecimiento y engorde (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina Perú).
- Carhuallanqui, E. (2021). Determinación de la digestibilidad y energía digestible de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en cuyes (*Cavia porcellus*) (Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú). Recuperado de: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/bdf035c3-8019-4d92-8d2b-c1b2ec6cac70/content>
- Caro, Y., Bôa-Viagem, C., Ferreira, W.M., Bustamante, D., Ly, J. y Mireles, S.. (2020). Digestibilidad in vivo de nutrientes y energía de la harina de forraje de moringa (*Moringa oleifera* var. brasileña) destinada a conejos en crecimiento-ceba. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 54(3), 405-412. Epub 01 de septiembre de 2020. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2079-34802020000300405&script=sci_arttext&tlng=es
- Carpio, J. (2020). Evaluación del forraje de Marango (*Moringa oleífera* Lam.) en el crecimiento de cuyes (*Cavia porcellus*) en dos sistemas de alimentación (Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú).
- Caycedo, A. (2000). Experiencias investigativas en la producción de cuyes. Contribución al desarrollo tecnológico de la especie. Universidad de Nariño. Pasto – Colombia.

- Ccahuana, R. (2008). Evaluación del bagazo de marigold en dietas peletizadas con exclusión de forraje verde para cuyes (*Cavia porcellus*) en crecimiento (Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista, Universidad Nacional Agraria La Molina).
- Chauca, L. (2005). Sub Proyecto: “Generación de Líneas Mejoradas de Cuyes del Alta Productividad”. INIA - INCA AGRO (en línea). Recuperado de: http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/338/1/Generacion_de_lineas_mejoradas.pdf
- Chepote, J. (2012). Moringa oleífera el árbol milagroso. Programa Subseccional de Irrigaciones. Perú. Recuperado de: http://www.psi.gob.pe/docs/%5Cbiblioteca%5Cexposiciones%5C2012%5Ccultivos_potenciales_zonas_altoandias.pdf
- Chepote, M. (2018). Siembra del cultivo de Moringa (*Moringa oleífera*) en la pampa de Villacurí, departamento de Ica (Trabajo de suficiencia profesional para optar el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú). Recuperado de: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3223>
- Chisag, M. (2016). Comportamiento productivo y rendimiento a la canal en conejos alimentados con forrajes arbóreos. Recuperado de: http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23815/1/Tesis_63_Medicina_Veterinaria_y_Zootecnia_-CD_423.pdf
- Chuquihuaraca, J. (2020). Evaluación de tratamientos pre germinativos y tipos de sustratos en la producción de plantones de Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) en vivero (Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. La Merced. Perú). Recuperado de: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2051>
- Church, D., Pond, W., y Pond, K. (2002). Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. 2da Edición. México, D.F. - México. Editorial Limusa, S.A.
- 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).
- Cuibin, R., Zea, O., Palacios, G., Norabuena, E., Collazos, L., Sotelo, A. (2020). Determinación de la digestibilidad y energía digestible de la harina de kudzu (*Pueraria phaseoloides*) en el cuy (*Cavia porcellus*). Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 31(4), e19020. DOI: <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i4.19020>
- Delgado, M. (2019). Determinación de digestibilidad y nutrientes digestibles totales de los forrajes morera (*Morus alba*) y mucuna (*Stizolobium deeringianum*) en cuyes en el distrito de Echarate, Cusco, Perú (Tesis para optar el título profesional de Médico Veterinario y Zootecnista, Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú). Recuperado de: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12920/9737/68.0887.VZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Escudero, D. (2005). Evaluación del rendimiento y valor nutritivo del pasto “Mucuna” (*Stizolobium deeringianum*) a lo largo de su periodo vegetativo (Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú)
- Foidl, N., Makkar, H., & Becker, K. (2001). The potential of Moringa Oleifera for Agricultural and Industrial uses. What development potential for Moringa products?, 20. Recuperado de: https://www.moringatrees.org/moringa-doc/the_potential_of_moringa_oleifera_for_agricultural_and_industrial_uses.pdf
- Fuglie, L. (2001). Combating malnutrition with Moringa In. The Miracle tree: Multiple Attributes of Moringa. CTA Publication Wageningen, The Netherlands, 117.
- Garavito, U (2008). Moringa oleífera, alimento ecológico para ganado vacuno, porcino, equino, aves y peces, para la alimentación humana, también para producción de etanol y biodiesel. Corporación Ecológica Agroganadera S.A. Colombia. Recuperado: <https://es.scribd.com/doc/97088582/Moringa-Oleifera-alimento-ecologico-para-ganado-vacuno-porcino-equino-aves-y-peces-para-alimentacion-humana-tambien-para-produccion-de-etanol-y>

- Gómez, K. (2013). Evaluación de rendimiento de extracción y caracterización fitoquímica de la fracción extraíble de semilla de moringa (*Moringa oleífera* Lam.) a nivel laboratorio. (Trabajo para optar el título de ingeniero químico, Universidad de San Carlos. Guatemala). Recuperado de: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/16485>
- Gutiérrez, J. (2022). “Moringa oleífera como coagulante para la disminución de la turbidez en la planta de tratamiento de agua potable Tundayme - Cantón el Pangui, provincia de Zamora Chinchipe (Tesis de Ingeniero Ambiental. Universidad politécnica salesiana sede Cuenca. Cuenca, Ecuador). Recuperado de: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22948/4/UPS-CT009993.pdf>
- Guyton, A. y Hall, J. (2001). Tratado de Fisiología Médica. 10 ed. McGrawHill. Interamericana de España. Madrid. España. P. 889-890
- Haro, B. (2015) Estudio de prefactibilidad para la producción de harina de moringa como suplemento alimenticio del sector pecuario en la provincia de el oro. (Tesis de pregrado, Universidad técnica de Machala, Ecuador). Recuperado de: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/2013>
- Huamaní, F. (2015). Determinación del punto de equilibrio económico en el engorde de cuyes línea Perú con tres alimentos comerciales – Ayacucho – 2015 (Tesis para optar título de médico veterinario, Universidad nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho). Recuperado de: http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/2828/1/TESIS%20MV156_Hua.pdf
- Huayhua, V. (2008). Determinación de los coeficientes de digestibilidad y energía digestible del bagazo de marigol (*Tagetes erecta*) y subproducto de trigo (*Triticum sativum*) por calorimetría en el cuy (*Cavia porcellus*). (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina Perú).
- Inga, V.A. (2008). Evolución de dos niveles de energía digestible y dos niveles de fibra cruda en dietas de crecimiento con exclusión de forraje para cuyes mejorados (*Cavia porcellus*). (Tesis de Ingeniero Zootecnista, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú). P. 29-31.

- Instituto nacional de estadística e informática (INEI). (2019). Encuesta nacional agropecuaria. Población de cuyes y número de productores según departamento, 2015 – 2019.
- INIA (Instituto nacional de innovación agraria). (2020). Manual de crianza de cuyes. 1° Edición. Lima-Perú: Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA (en línea). Recuperado de: <http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/1077/1/Manual%20de%20Crianza%20de%20Cuyes-Versio%CC%81n%20Final.pdf>
- Jaimes, O. (2019). Evaluación de la levadura seca residual de cerveza en dietas de crecimiento para cuyes (*Cavia porcellus*). (Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú). Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4323/jaimes-rojas-orlando-franco.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jemal, Z. (2017). *Micropropagation of Moringa oleifera from shoot tip explants*. (Tesis de maestría, Universidad de Addis Ababa). Recuperado de: <http://etd.aau.edu.et/bitstream/handle/123456789/1167/Zulaliya%20%20%20Jemal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Khalid, A., Gamaleldin, S., Ahmed, A., Osman A., Mohammed, A., Elfadil, E., Mohammed, A., Faisal, A., Ahmed, A. (2024). Replacing alfalfa-based total mixed ration with Moringa leaves for improving carcass and meat quality characteristics in lambs. Heliyon, Volume 10, Issue 17, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36863>
- Liñán, F. (2010). Moringa oleífera, El Árbol de la Nutrición. Ciencia y Salud Virtual, Colombia. Volumen 2 Numero 1, 5p. Recuperado de: <https://revistas.curn.edu.co/index.php/cienciaysalud/article/view/70/64> <https://doi.org/10.22519/21455333.70>
- López, J. y Quiñones, L. (2013). Estudio del mercado norteamericano para la comercialización de moringa (*Moringa oleífera*). Como producto nutracéutico (Tesis para optar el título de licenciado en administración de empresas. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo – Perú). Recuperado de:

https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/131/1/TL_LopezZuritaJhanet_QuinonesHerreraLaura.pdf

- López, J. (2016). *Moringa oleífera* Lam.: Biología, Botánica, Propiedades Nutricionales y medicinales. (Trabajo de fin de grado en Farmacia, Universidad de Sevilla). Recuperado de: <https://hdl.handle.net/11441/80558>
- Martínez, I., Periago, M. y Ros G. (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50(1), 5-18. Recuperado de: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222000000100001
- McDonald, P., Edwards, R., Greenhalgh, J., Morgan, C., Sinclair, L. y Wilkinson, R. (2013). *Nutrición animal*. 7ª edición. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Mejía, L. y Mora, A. (2008). Efecto de la suplementación con *Moringa oleífera* sobre el comportamiento productivo de ovinos alimentados con una dieta basal de pasto guinea (*Panicum máximum Jacq.*) (Tesis para optar el título de ingeniero Zootecnista, Universidad Nacional Agraria Managua, Nicaragua). Recuperado de: <https://repositorio.una.edu.ni/1391/1/tnl02m516.pdf>
- Montalvo, K. & Navarro, M. (2012). Determinación de la digestibilidad, energía digestible y metabolizable de broza de arveja (*Pisum sativum*) y betarraga (*Beta vulgaris*) para la formulación de raciones en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*) (Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú). Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/1954>
- Montesinos, S. (2010). *Moringa oleífera* un árbol promisorio para la ganadería. Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA). 50-53. Recuperado de: <http://www.actaf.co.cu/revistas/Revista%20ACPA/2010/REVISTA%2002/22%20MORINGA.pdf>
- Moyo, B., Muchenje, V., Masika, P., Hugo, A. (2011). Nutritional characterization of *Moringa* (*Moringa oleífera* Lam.) leaves. *African Journal of Biotechnology*, 10(60), 12925–12933. DOI: 10.5897/AJB10.1599.

- National Research Council (NRC). (1995). Requerimientos nutricionales para animales de laboratorio: Cuyes. Publicación N°990. Cuarta edición. Washington, D. C. USA. 192 pág.
- Osorio, E., Giraldo, J., Narvaez, W. (2012). Metodologías para determinar la digestibilidad de los alimentos utilizados en la alimentación canina. *Vet.zootec.* 6(1): 87-97. Recuperado de: <http://vip.ucaldas.edu.co/vetzootec/downloads/v6n1a09.pdf>
- Paliwal, R., Sharma, V., & Pracheta, I. (2011). A review of Horse Radish Tree (*Moringa oleifera*): A multipurpose Tree with High Economic and Commercial Importance. *Asian Journal of Biotechnology*, 3(4), 317-328. DOI: [10.3923/ajbkr.2011.317.328](https://doi.org/10.3923/ajbkr.2011.317.328)
- Padilla, M. (2008). Valoración energética de diferentes tipos de soya (*Glycine max*) utilizado en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*) (Tesis para optar el título de ingeniero Zootecnista, Escuela superior politécnica de Chimborazo – Ecuador). Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1671>
- Peña, Y., Martínez, G., Sinagawa, S., Vazquez, J. (2013). Moringa Oleífera; Importancia, Funcionalidad y Estudios Involucrados. *Acta Química Mexicana*, 5, 9. Recuperado de: <http://www.actaquimicamexicana.uadec.mx/articulos/AQM9/5.-%20moringa.pdf>
- Pérez, A., Sánchez, T., Armengol, N., Reyes, F. (2010). Characteristics and potential of Moringa oleifera, Lamark. An alternative for animal feeding. *Pastos y forrajes*, 33(4), 349- 362. Recuperado de: <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v33n4/pyf01410.pdf>
- Pérez, R. (2010) Avanza validación de moringa como alternativa forrajera para ovinos. Fundación Produce. Sinaloa, México. Recuperado de: <https://www.fps.org.mx/portal/index.php/notas/781-avanza-validacion-de-moringa-como-alternativa-forrajera-para-ovinos#:~:text=El%20proyecto%20Producci%C3%B3n%20y%20validaci%C3%B3n,500%20pesos%20por%20tonelada%2C%20y>
- Ramírez R, Ramírez RG, López F. (2002). Factores estructurales de la pared celular del forraje que afectan su digestibilidad. *UNAL* 5: 180-189.

- Reyes, N., y Mendieta, B. (2017). Guía para el establecimiento y cultivo del Marango (*Moringa oleífera*). Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. Recuperado de: <https://cenida.una.edu.ni/documentos/NF01R457ge.pdf>
- Reynaga, H. (2010). Determinación de energía digestible y metabolizable del subproducto de trigo, maíz amarillo y de la torta de soya en cuyes (*Cavia Porcellus*) (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina Perú).
- Rodríguez, R. (2011). Alimentación de vacas lecheras con *Moringa oleífera* fresco o ensilado y su efecto sobre la producción, composición y calidad de leche (Trabajo de graduación. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua). Recuperado de: <https://repositorio.una.edu.ni/2143/1/tnl02r696.pdf>
- Sandoval, A. (2013). Evaluación de diferentes tipos de dietas de cobayos en crecimiento. (Tesis de Médico Veterinario Zootecnista, Universidad Técnica de Ambato. Cevallos, Ecuador. p. 13-14). Recuperado de: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/5224/1/Tesis%2003%20Medicina%20Veterinaria%20y%20Zootecnia%20%282%29%20-CD%20171.pdf>
- Sanon, H., Kaboré – Zoungranab, C., Ledin I. (2007). Nutritive value and voluntary feed intake by goats of three browse fodder species in the sahelian zone of west Africa. *Animal feed, science and technology* 144: 97-110. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2007.10.004
- Saravia, J, Ramirez, S, Muscari, J. (1992). Consumo voluntario y digestibilidad en cuyes de forrajes producidos en costa central. Lima – Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de: https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/304/1/Investigaciones_en_cuye_s.pdf
- Savon L. (2015). Physiological aspects of the use of non-traditional feeds for nonruminant species. *Cuban J Agr Sci* 49: 250-278
- Shimada, A. (2003). Nutrición animal. 1º edición. Editorial Trillas. Distrito Federal, México. 388p.

- Solórzano, J. y Sarria, J. (2014). Crianza, producción y comercialización de Cuyes. Lima, Perú: Editorial MACRO.
- Sotelo, A., Contreras, C., Norabuena, E., Castañeda, R., Heurck, M., Bullón, L. (2016). Digestibilidad y energía digestible de cinco leguminosas forrajeras tropicales. Rev Soc Quím Perú. 82(3). Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/3719/371949374006.pdf>
- Torres, A., Vergara, V., Chauca, L. (2006). Evaluación de dos niveles de energía y proteína en dietas de crecimiento y engorde en cuyes machos. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria – Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de: [http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/443/1/Torres-Evaluacion de dos niveles.pdf](http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/443/1/Torres-Evaluacion%20de%20dos%20niveles.pdf)
- Valenzuela, R., Sotelo, A., Césare, MF., Alegría, C., Norabuena, E., Gonzáles, T., Echevarría, R. (2020). Determinación de la digestibilidad y energía digestible del forraje seco de mucuna (*Mucuna pruriens*) en cuyes. Rev Inv Vet Perú 31(1). e17537. DOI: 10.15381/rivep.v3-1i1.17537
- 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).
- Vela, L. (2024). Digestibility and estimation of digestible energy of palm kernel (*Elaeis guineensis*) cake in guinea pigs (*Cavia porcellus*). Livestock Research for Rural Development. Volume 36, Article #12. Retrieved February 22, 2024, from <http://www.lrrd.org/lrrd36/2/3612fair.html>.
- Velásquez, S. (2014). Efecto del tipo de Empadre y tipo de Alimentación sobre Parámetros Productivos en Cuyes (Tesis para optar el título de Médico Veterinario, Universidad Nacional Mayor de San Marcos). Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Recuperado de: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/9a4d0905-1b41-431b-bdda-e069436b618b/content>

- Velis, G. (2017). Engorde de cuyes con dos dietas diferentes utilizando maíz chala y brócoli (Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista, Universidad Nacional Agraria La Molina). Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3418/velis-figueroa-gonzalo-martin.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vergara, V. (2008). Avances en nutrición y alimentación en cuyes. En XXXI Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal. Simposio: Avances sobre la producción de cuyes en el Perú. APPA. Lima, Perú.
- Villanueva, B. (2016). Determinación del valor nutritivo y energético de las hojas de morera (*Morus alba*) y eritrina (*Erythrina sp*) para cuyes (Tesis para optar el título de Médico Veterinario Zootecnista, Universidad Antenor Orrego – Trujillo). Recuperado de: <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/2950>
- Witt, K. (2013). Contenido nutricional de las hojas de Moringa oleífera. Notas de investigación de ECHO 1(1). Recuperado de: <https://www.echocommunity.org/es/resources/d98f8a44-1849-4753-abc2-ce22c843518c>
- Zevallos, L. (1994). Evaluación Biológica de la hoja de Morera (*Morus indica*) mediante pruebas de digestibilidad y crecimiento en Cuyes (*Cavia porcellus*) (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina-Perú).

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Cantidad de la dieta basal (D_b) ingerida por cada animal

Animal N°	Día	Total alimento ofrecido (g)	Alimento no consumido (g)	Total alimento ingerido (g)	Total alimento ingerido por periodo (g)	Promedio
1	1	60	25.6	34.4	169.4	33.88
	2	60	26.8	33.2		
	3	60	25.2	34.8		
	4	60	27.4	32.6		
	5	60	25.6	34.4		
2	1	60	26.5	33.5	168.8	33.76
	2	60	28.4	31.6		
	3	60	25.4	34.6		
	4	60	24.8	35.2		
	5	60	26.1	33.9		
3	1	60	24.8	35.2	171.1	34.22
	2	60	27.3	32.7		
	3	60	24.8	35.2		
	4	60	25.6	34.4		
	5	60	26.4	33.6		
4	1	60	27.7	32.3	170.3	34.06
	2	60	25.2	34.8		
	3	60	22.0	38.0		
	4	60	28.4	31.6		
	5	60	26.4	33.6		
5	1	60	26.0	34.0	172.1	34.42
	2	60	25.7	34.3		
	3	60	25.0	35.0		
	4	60	26.4	33.6		
	5	60	24.8	35.2		
Promedio						34.07
Desviación Estándar						0.26
C. de variabilidad (%)						0.77

Anexo 2. Cantidad de la dieta experimental (D_e) ingerida por cada animal

Animal N°	Día	Total alimento ofrecido (g)	Alimento no consumido (g)	Total alimento ingerido (g)	Total alimento ingerido por periodo (g)	Promedio
1	1	60	24.8	35.2	183.6	36.72
	2	60	24.2	35.8		
	3	60	21.6	38.4		
	4	60	22.4	37.6		
	5	60	23.4	36.6		
2	1	60	21.8	38.2	184.9	36.98
	2	60	23.6	36.4		
	3	60	24.1	35.9		
	4	60	22.2	37.8		
	5	60	23.4	36.6		
3	1	60	20.9	39.1	186.0	37.2
	2	60	21.7	38.3		
	3	60	25.6	34.4		
	4	60	22.6	37.4		
	5	60	23.2	36.8		
4	1	60	24.2	35.8	183.1	36.62
	2	60	22.6	37.4		
	3	60	25.5	34.5		
	4	60	22.8	37.2		
	5	60	21.8	38.2		
5	1	60	23.8	36.2	184.5	36.90
	2	60	23.2	36.8		
	3	60	22.4	37.6		
	4	60	23.6	36.4		
	5	60	22.5	37.5		
Promedio						36.88
Desviación Estándar						0.23
C. de variabilidad (%)						0.62

Anexo 3. Peso de las heces de los animales alimentados con la dieta basal (D_b) (g)

Animal N°	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Total/animal/periodo	Promedio/animal/periodo
1	20.2	19.8	21.4	20.5	21.6	103.5	20.70
2	19.1	22.8	21.6	23.2	22.3	109.00	21.80
3	19.5	21.2	23.6	20.8	20.6	105.70	21.14
4	18.2	19.6	20.8	21.4	20.4	100.40	20.08
5	19.5	23.1	19.6	20.6	22.7	105.50	21.10

Anexo 4. Peso de las heces de los animales alimentados con la dieta experimental (De) (g)

Animal N°	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Total/animal/periodo	Promedio/animal/periodo
1	21.4	23.6	22.5	21.1	25.4	114.00	22.80
2	23.4	24.9	23.1	20.5	21.2	113.10	22.62
3	21.4	20.8	23.44	21.42	22.5	109.56	21.91
4	21.2	22.4	24.6	23.7	26.7	118.60	23.72
5	20.8	23.4	23.4	21.6	21.1	110.30	22.06

Anexo 5. Composición químico proximal y energética de las heces (base seca)

Tratamientos	Animal N°	Proteína	Grasa	Fibra	Ceniza	ELN	MO	Energía Bruta (Kcal/g)
Dieta basal	1	18.29	4.30	14.28	8.51	54.61	91.49	4.27
	2	19.02	4.71	14.07	8.43	53.77	91.57	4.30
	3	19.10	3.80	11.92	8.54	56.65	91.46	4.25
	4	19.86	4.14	13.18	9.45	53.37	90.55	4.25
	5	18.95	4.43	12.68	8.94	55.01	91.06	4.27
Promedio		19.05	4.28	13.22	8.77	54.68	91.23	4.27
Desviación estándar		0.56	0.34	0.98	0.43	1.28	0.43	0.02
C.V (%)		2.93	7.92	7.40	4.86	2.34	0.47	0.52
Dieta experimental	1	20.04	5.39	16.34	9.07	49.15	90.93	4.33
	2	20.84	4.90	15.78	8.71	49.77	91.29	4.33
	3	18.93	5.14	15.64	8.66	51.63	91.34	4.32
	4	19.70	5.50	16.53	9.38	48.89	90.62	4.32
	5	19.98	5.32	16.44	8.71	49.55	91.29	4.34
Promedio		19.90	5.25	16.15	8.91	49.80	91.09	4.33
Desviación estándar		0.69	0.23	0.41	0.31	1.08	0.31	0.01
C.V (%)		3.46	4.45	2.53	3.52	2.17	0.34	0.24

Anexo 6. Cálculos de los coeficientes de digestibilidad de la dieta basal (base seca)

Total de nutrientes ingeridos (g)								
Animal N°	Materia seca	Proteína	Grasa	Fibra cruda	Ceniza	ELN	MO	Energía Bruta (kcal/g)
1	30.19	4.75	1.14	2.99	2.33	18.97	27.86	1.28
2	33.76	5.31	1.28	3.34	2.60	21.22	31.16	1.43
3	34.22	5.39	1.30	3.39	2.64	21.51	31.58	1.45
4	34.06	5.36	1.29	3.37	2.63	21.41	31.43	1.44
5	34.42	5.42	1.30	3.41	2.65	21.63	31.77	1.46
Total de nutrientes excretados (g)								
Animal N°	Materia seca	Proteína	Grasa	Fibra cruda	Ceniza	ELN	MO	Energía Bruta (kcal/g)
1	7.89	1.44	0.34	1.13	0.67	4.31	7.22	0.34
2	8.48	1.61	0.40	1.19	0.71	4.56	7.77	0.36
3	8.12	1.55	0.31	0.97	0.69	4.60	7.43	0.35
4	8.19	1.63	0.34	1.08	0.77	4.37	7.42	0.35
5	8.50	1.61	0.38	1.08	0.76	4.68	7.74	0.36

Anexo 7. Coeficiente de digestibilidad de la dieta basal (base seca)

Animal N°	Materia seca	Proteína	Grasa	Fibra cruda	Ceniza	ELN	MO	Energía Bruta (kcal/g)
1	73.86	69.62	70.33	62.30	71.14	77.29	74.09	16.23
2	74.88	69.64	68.77	64.30	72.54	78.51	75.08	16.22
3	76.27	71.20	76.21	71.43	73.72	78.61	76.48	17.30
4	75.03	69.65	73.70	67.99	70.52	79.57	76.40	16.87
5	75.30	70.26	71.15	68.35	71.36	78.38	75.62	16.64
Promedio	75.07	70.07	72.04	66.87	71.86	78.47	75.53	16.65
Desviación estándar	0.86	0.68	2.94	3.59	1.28	0.81	0.99	0.46
C. de variabilidad (%)	1.15	0.98	4.08	5.37	1.78	1.04	1.31	2.73

Anexo 8. Cálculos de los coeficientes de digestibilidad de la dieta experimental (base seca)

Total de nutrientes ingeridos (g)								
Animal N°	Materia seca	Proteína	Grasa	Fibra cruda	Ceniza	ELN	MO	Energía Bruta (kcal/g)
1	32.66	6.61	1.93	5.17	2.56	16.38	30.09	1.44
2	32.89	6.66	1.94	5.21	2.58	16.50	30.30	1.45
3	33.08	6.70	1.96	5.24	2.60	16.59	30.49	1.46
4	32.57	6.59	1.92	5.16	2.56	16.34	30.01	1.44
5	32.82	6.65	1.94	5.20	2.58	16.46	30.24	1.45
Total de nutrientes excretados (g)								
Animal N°	Materia seca	Proteína	Grasa	Fibra cruda	Ceniza	ELN	MO	Energía Bruta (kcal/g)
1	9.00	1.80	0.48	1.47	0.82	4.42	8.18	0.39
2	8.69	1.81	0.43	1.37	0.76	4.33	7.93	0.38
3	8.65	1.64	0.44	1.35	0.75	4.47	7.90	0.37
4	9.39	1.85	0.52	1.55	0.88	4.59	8.51	0.41
5	8.56	1.71	0.46	1.41	0.75	4.24	7.81	0.37

Anexo 9. Coeficiente de digestibilidad de la dieta experimental (base seca)

Animal N°	Materia seca	Proteína	Grasa	Fibra cruda	Ceniza	ELN	MO	Energía Bruta (kcal/g)
1	72.45	72.73	74.89	71.57	68.15	73.00	72.81	17.04
2	73.57	72.80	78.09	73.68	70.67	73.78	73.82	17.46
3	73.84	75.55	77.24	74.17	71.15	73.08	74.07	17.53
4	73.72	71.94	73.17	69.89	65.53	71.89	71.64	16.72
5	73.92	74.26	76.52	72.92	71.08	74.23	74.16	17.38
Promedio	73.50	73.46	75.98	72.45	69.31	73.20	73.30	17.22
Desviación estándar	0.60	1.44	1.96	1.73	2.45	0.89	1.07	0.34
C. de variabilidad (%)	0.82	1.96	2.58	2.39	3.53	1.22	1.46	1.97

Anexo 10. Coeficiente de digestibilidad de la harina de hojas de moringa (base seca)

Animal N°	Materia seca	Proteína	Grasa	Fibra cruda	Ceniza	ELN	MO	Energía Bruta (kcal/g)
1	70.33	77.39	81.73	85.48	63.67	66.57	70.89	18.25
2	71.61	77.54	92.07	87.75	67.85	66.68	71.93	19.31
3	70.21	82.08	78.79	78.28	67.30	64.79	70.46	17.87
4	71.74	75.37	72.38	72.75	58.04	60.36	64.50	16.49
5	71.85	80.26	84.57	79.78	70.65	68.02	71.97	18.50
Promedio	71.15	78.53	81.91	80.81	65.50	65.29	69.95	18.08
Desviación estándar	0.81	2.64	7.26	5.97	4.86	2.98	3.12	1.04
C. de variabilidad (%)	1.14	3.36	8.86	7.38	7.41	4.57	4.45	5.74

Anexo 11. Energía digestible de la dieta basal (base seca)

Animal N°	Energía Bruta del alimento (Kcal/g)	Energía Bruta de heces (Kcal/g)	Cantidad de heces (g)	Ingestión de alimento (g)	Energía digestible (Kcal/g)
1	4.23	4.27	7.89	30.21	3.12
2	4.23	4.30	8.48	30.11	3.02
3	4.23	4.25	8.12	30.52	3.10
4	4.23	4.25	8.19	30.37	3.08
5	4.23	4.27	8.50	30.70	3.05
Promedio	4.23	4.27	8.24	30.38	3.07
Desviación estándar	-	0.02	0.26	0.23	0.04
C. de variabilidad (%)	-	0.52	3.12	0.77	1.29

Anexo 12. Energía digestible de la dieta experimental (base seca)

Animal N°	Energía Bruta del alimento (Kcal/g)	Energía Bruta de heces (Kcal/g)	Cantidad de heces (g)	Ingestión de alimento (g)	Energía digestible (Kcal/g)
1	4.41	4.33	9.00	32.66	3.22
2	4.41	4.33	8.69	32.89	3.27
3	4.41	4.32	8.65	33.08	3.28
4	4.41	4.32	9.39	32.57	3.17
5	4.41	4.34	8.56	32.82	3.28
Promedio	4.41	4.33	8.86	32.80	3.24
Desviación estándar	-	0.01	0.34	0.20	0.05
C. de variabilidad (%)	-	0.24	3.85	0.62	1.54

Anexo 13. Energía digestible de la harina de hojas de moringa (base seca)

Animal N°	Energía digestible de la dieta experimental (Kcal/g)	Energía digestible de la dieta basal (Kcal/g)	% de Sustitución (Harina de hojas de moringa)	Energía digestible (Kcal/g)
1	3.22	3.12	40.00	3.37
2	3.27	3.02	40.00	3.64
3	3.28	3.10	40.00	3.56
4	3.17	3.08	40.00	3.29
5	3.28	3.05	40.00	3.62
Promedio				3.49
Desviación estándar				0.16
C. de variabilidad (%)				4.52

Anexo 14. Peso de cuyes inicial y final

	Animal Nº	Peso inicial (g)	Peso final (g)
Dieta basal	1	655	786
	2	662	797
	3	651	791
	4	657	802
	5	638	780
Dieta experimental	1	640	780
	2	656	794
	3	648	794
	4	652	782
	5	640	788
Promedio		649.9	