

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

**FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA**



TESIS

VALORACIÓN NUTRICIONAL DE LA HOJA DE MORERA (*Morus alba*) Y DE LA HOJA DE PISONAY (*Erythrina sp*) PARA LA ALIMENTACIÓN DE CUYES (*Cavia porcellus*)

PRESENTADA POR:

Br. MARISOL VIGORIA OYOLA

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

ASESORES:

Ph.D. JUAN ELMER MOSCOSO MUÑOZ

M.Sc. LIZ BEATRIZ CHINO VELASQUEZ

CUSCO – PERÚ

2026



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro. CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor PhD. Juan Elmer Moscoso Muñoz
 quien aplica el software de detección de similitud al
 trabajo de investigación/tesis titulada:

Valoración nutricional de la hoja de monera (Monia alba) y
de la hoja de pisonay (Crythina sp.) para la
alimentación de cuyes (Cavia porcellus)

Presentado por: Maïsol Viganá Oyola DNI N° 77159646 ;
 presentado por: DNI N°:

Para optar el título Profesional/Grado Académico de
Ingeniero Zooloquista

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el
 Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de**
Similitud en la UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 10 %.

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

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	<input checked="" type="checkbox"/>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	<input type="checkbox"/>
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	<input type="checkbox"/>

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 14 de abril de 2026.....

.....
 Firma

Post firma Juan Elmer Moscoso Muñoz

Nro. de DNI 23540652

ORCID del Asesor 0000-0001-5884-9718

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: 27259:578536773

TESIS FINAL DE MARISOL VIGORIA.docx

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:578536773

Fecha de entrega

14 abr 2026, 3:35 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

14 abr 2026, 5:37 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS FINAL DE MARISOL VIGORIA.docx

Tamaño del archivo

8.3 MB

88 páginas

19.168 palabras

98.920 caracteres

10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...




Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 10%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 4%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A Dios por ser mi protector y siempre guiarme en mi caminar y llenarme de valor para vencer todos los obstaculos durante esta trayectoria de mi vida.

A mis queridos padres, Ermelio Vigoria Gaspar y Basilia Oyola Salas, por su amor, paciencia, y apoyo incondicional que me ha permitido llegar a cumplir hoy un sueño mas.

A mis hermanas por su amor y por mostrarme siempre su confianza durante este proceso por estar siempre a mi lado brindandome todo el apoyo para no rendirme.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y por ser mi amigo fiel y darme la fuerza de seguir luchando a pesar de las dificultades que tuve con mi salud.

A mis padres quienes me han brindado su apoyo, amor, paciencia y esfuerzo, enseñándome a no rendirme en este proceso de mi vida.

A mis queridas hermanas Anabel, Ruth y Habilia, especialmente a mi hermana Anabel por su apoyo incondicional y por estar siempre ahí presente en cada proceso de mi vida y aún más brindándome su apoyo hasta el final de este proceso.

Agradezco profundamente a mis asesores, Ing. Zoot. Ph.D. Juan E. Moscoso Muñoz e Ing. Zoot. M.Sc. Liz B. Chino Velásquez, por el acompañamiento constante, la orientación oportuna y el compromiso brindado a lo largo de esta investigación. Sus conocimientos y experiencia fueron esenciales para consolidar y llevar a buen término este trabajo.

Expreso mi sincero agradecimiento a la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco por brindarme la oportunidad de desarrollar mi formación académica, preparándome para así afrontar los desafíos que el futuro tiene reservados. Agradezco a los docentes, quienes, mediante su entrega, sabiduría y valiosos consejos, han sido fundamentales en mi crecimiento como persona. Al Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos por brindarme los recursos necesarios y el apoyo durante la realización de este trabajo de investigación, su colaboración ha sido esencial para el desarrollo de este estudio.

A mis amigos a Romel y Wilfredo, quienes me extendieron la mano durante este desarrollo y su valiosa amistad me ha acompañado en todo momento. Su generosidad, comprensión y colaboración han sido fundamentales para superar los momentos de desafío, y me siento profundamente agradecido por tenerlos a mi lado.

Finalmente, quiero expresar mi agradecimiento a todas aquellas personas que han contribuido con su valioso apoyo moral, lo cual ha sido fundamental para la realización y culminación exitosa de esta tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN	3
2.1. OBJETIVOS.....	3
2.1.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
2.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
2.2. JUSTIFICACIÓN.....	4
IV. MARCO TEÓRICO	7
4.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	7
4.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	7
4.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	9
4.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	10
4.2. CUY (<i>Cavia porcellus</i>).....	11
4.2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES	11
4.2.2. FISIOLÓGÍA DIGESTIVA DEL CUY	11
4.2.3. ALIMENTACIÓN DEL CUY	13
4.2.4. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL CUY.....	15
4.3. HOJA DE MORERA (<i>Morus alba</i>)	15
4.4. HOJA DE PISONAY (<i>Erythrina sp</i>).....	18
4.5. DIGESTIBILIDAD	19
4.5.1. DIGESTIBILIDAD APARENTE (D.A).....	20
4.5.2. DIGESTIBILIDAD VERDADERA (D.V).....	20
4.5.3. DIGESTIBILIDAD POR DIFERENCIA.....	21
IV. MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	22
4.1. AMBITO DEL ESTUDIO	22
4.2. MATERIALES Y EQUIPOS	23

4.2.1. MATERIALES DE CAMPO.....	23
4.2.2. MATERIALES Y EQUIPOS DE LABORATORIO.....	24
4.2.3. MATERIALES DE OFICINA	24
4.2.4. INSUMOS EXPERIMENTALES.....	24
4.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
4.3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION.....	27
4.3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	27
4.3.3. INSTALACIONES.....	27
4.3.4. POBLACIÓN.....	28
4.3.5. TRATAMIENTOS.....	28
4.3.6. PREPARACIÓN DE LAS DIETAS	28
4.3.7. ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN	32
4.3.7.1. ETAPA PRE-EXPERIMENTAL	32
4.3.8. VARIABLES EVALUADAS	32
4.3.9. SUMINISTRO DE ALIMENTO Y AGUA	33
4.3.10. OBTENCIÓN DE MUESTRAS	33
4.3.11. SECADO Y MOLIENDA DE MUESTRAS	33
4.3.12. DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICO NUTRICIONAL	34
4.3.13. DETERMINACIÓN DE MATERIA SECA.....	34
4.3.14. DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA	34
4.3.15. DETERMINACIÓN DE COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD	35
4.3.16. DISEÑO EXPERIIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADISTICO	35
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
5.1. DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICO NUTRICIONAL.....	38
5.2. CONSUMO DE MATERIA SECA Y MATERIA ORGÁNICA DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES	41
5.3. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD APARENTE DE MATERIA SECA Y MATERIA ORGÁNICA DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.....	45
5.4. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD APARENTE DE MATERIA SECA Y MATERIA ORGÁNICA DE LA HARINA DE HOJAS DE MORERA Y PISONAY	49

VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	51
VII.	REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	53
VIII.	ANEXOS.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requerimientos nutricionales del cuy	15
Tabla 2. Clasificación taxonomica de la morera(<i>Morus alba</i>).....	17
Tabla 3. Composición nutricional de la morera (<i>Morus alba</i>)	17
Tabla 4. Taxonomía del género pisonay (<i>Erythrina sp</i>).....	18
Tabla 5. Tratamientos de las dietas experimentales	28
Tabla 6. Insumos en la formulación de dietas experimentales (base fresca)	31
Tabla 7. Composición química de las dietas experimentales (base seca)	31
Tabla 8. Composición química de la harina de hojas de morera y pisonay (base seca).....	38
Tabla 9. Consumo de materia seca y materia orgánica de las dietas experimentales en cuyes en base seca.	42
Tabla 10. Regresión lineal simple entre el consumo de materia seca (MS) en cuyes y el nivel de fibra cruda en la dieta	43
Tabla 11. Resumen del modelo de regresión lineal simple entre el consumo de materia seca (MS) en cuyes y el nivel de fibra cruda en la dieta	43
Tabla 12. Coeficiente de digestibilidad aparente de materia seca y materia orgánica de las dietas experimentales	47
Tabla 13. Coeficiente de digestibilidad aparente de materia seca y materia orgánica de la harina de hojas de Morera (<i>Morus alba</i>) y Pisonay (<i>Erythrina sp</i>)	49

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Base de datos de promedios de peso de cuyes, consumo y digestibilidad de las unidades experimentales	59
Anexo 2. Prueba de Normalidad de pesos de las unidades experimentales.....	61
Anexo 3. Croquis y aleatorización de las unidades experimentales.....	61
Anexo 4. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de consumo de materia seca (g) de las dietas experimentales.	62
Anexo 5. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de consumo de materia seca % PV de las dietas experimentales.....	64
Anexo 6. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de consumo de materia orgánica (g) de las dietas experimentales	65
Anexo 7. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de consumo de materia orgánica %PV de las dietas experimentales.....	66
Anexo 8. Análisis de regresión entre consumo materia seca (g) y Fibra cruda.....	68
Anexo 9. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de heces de materia seca (g) de las dietas experimentales	69
Anexo 10. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de heces de materia orgánica (g) de las dietas experimentales.	69
Anexo 11. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de fracción digerida de materia seca (g) de las dietas experimentales.....	70
Anexo 12. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de fracción digerida de materia orgánica	71
Anexo 13. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de digestibilidad de materia seca (MS) de las dietas experimentales.	71
Anexo 14. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de digestibilidad de materia orgánica (MO) de las dietas experimentales.....	72
Anexo 15. Insumos experimentales: Morera (Morus alba) y pisonay (Erythrina sp) en su forma natural.....	73
Anexo 16. Secado de insumos experimentales de las hojas de morera y pisonay	73
Anexo 17. Proceso de peletizado de los insumos experimentales.....	74

Anexo 18. Acondicionamiento de las jaulas metabólicas	74
Anexo 19. Cuyes machos de la línea Perú en sus respectivas jaulas metabólicas.	75
Anexo 20. Análisis en laboratorio de las muestras recolectadas en el laboratorio de nutrición, ciencia y tecnología de alimentos.	75

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes del aparato digestivo del cuy.....	13
Figura 2. Ubicación del experimento.....	22
Figura 3. Flujograma de la obtención de harina de hojas de morera y pisonay	26
Figura 4. Flujograma del proceso de peletización de las dietas experimentales	30

GLOSARIO

AOAC: Association of Official Analytical Chemists

DA: Digestibilidad Aparente

DCA: Diseño Completamente al Azar

DV: Digestibilidad Verdadera

CD: Coeficiente de Digestibilidad

CDA: Coeficiente de digestibilidad aparente

FDA: Fibra Detergente Acida

FDN: Fibra Detergente Neutra

MO: Materia Orgánica

MS: Materia Seca

PC: Proteína Cruda

FC: Fibra Cruda

DMS: Digestibilidad de Materia Seca

DMO: Digestibilidad de Materia Organica

NIRS: Espectroscopia de Infrarrojo Cercano

PV: Peso Vivo

SIBEc: Sala de Investigación en Bioenergética de Cuyes

HHM: Harina de Hoja de Morera

HHP: Harina de Hoja de Pisonay

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo evaluar el valor nutricional de la harina de hojas de morera (*Morus alba*) y pisonay (*Erythrina sp*), así como su inclusión en dietas para cuyes (*Cavia porcellus*). Se empleó un diseño completamente al azar con 30 cuyes machos de la línea Perú (846 ± 57.7 g), distribuidos en cinco tratamientos: T1 (dieta basal), T2 y T3 con 30 % y 70 % de morera, y T4 y T5 con 30 % y 70 % de pisonay. La harina de morera presentó menor contenido de proteína (17.55 %) y fibra (7.85 %) en comparación con el pisonay (21.74 % y 24.59 %, respectivamente). El mayor consumo de materia seca y orgánica se registró en los tratamientos con pisonay. Sin embargo, la mayor digestibilidad aparente se observó en la dieta basal, mientras que las dietas con morera mostraron valores intermedios. La digestibilidad calculada por diferencia fue mayor en la morera que en el pisonay. En conclusión, la harina de morera puede incorporarse hasta en 70 % en la dieta de cuyes, mientras que la de pisonay debe limitarse a 30 % para mantener un adecuado aprovechamiento nutricional.

Palabras clave: Harina de morena, Harina de Pisonay, Digestibilidad y Alimentación de cuyes.

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the nutritional value of mulberry leaf meal (*Morus alba*) and pisonay (*Erythrina sp*), as well as their inclusion in diets for guinea pigs (*Cavia porcellus*). A completely randomized design was used with 30 male guinea pigs of the Peru line (846 ± 57.7 g), distributed into five treatments: T1 (basal diet), T2 and T3 with 30% and 70% mulberry, and T4 and T5 with 30% and 70% pisonay. Mulberry leaf meal showed lower protein (17.55%) and fiber (7.85%) content compared to pisonay (21.74% and 24.59%, respectively). The highest dry matter and organic matter intake was observed in treatments with pisonay. However, the highest apparent digestibility was recorded in the basal diet, while diets with mulberry showed intermediate values. Digestibility calculated by difference was higher for mulberry than for pisonay. In conclusion, mulberry leaf meal can be included up to 70% in guinea pig diets, whereas pisonay should be limited to 30% to maintain adequate nutritional efficiency.

Keywords: Mulberry leaf meal, Pisonay leaf meal, Digestibility, Guinea pig feeding.

I. INTRODUCCIÓN

La crianza de cuyes se extiende de manera significativa en los países andinos como Perú, Ecuador y Bolivia, debido a los valores nutricionales que ofrece su carne, siendo una actividad de gran importancia social y económica para la sostenibilidad de las familias, además de proporcionar una fuente de proteínas en la dieta y como generador de ingresos mediante su venta (Chauca, 1997).

Este incremento en la producción de cuyes determina una mayor demanda de recursos alimenticios sobre todo en la época seca, en la cual su disponibilidad (principalmente forrajes) es limitada, conllevando al incremento en los costos de producción. Frente a ello la utilización de especies arbóreas, como es el caso la morera y el pisonay, constituye una alternativa viable (nutricional y económica) para su uso en la alimentación de cuyes.

La morera y el pisonay, son forrajes arbóreos cuyo potencial de uso para la alimentación animal viene siendo demostrada, por sus bondades nutricionales como son, su contenido de proteína (22.34 %) y un adecuado contenido de fibra (47.22 %) (Meza-Bone, 2012). A través de un manejo agronómico adecuado, basado en las características fenológicas, se puede controlar y minimizar la variabilidad nutricional y determinar el momento óptimo de cosecha que le permiten ofrecer un producto con un valor nutricional, lo que los hace atractivos para su uso como fuente forrajera en la alimentación de cuyes y para la preparación de dietas. La tendencia actual hacia el uso de forrajes de origen arbustivo se ha fortalecido debido al incremento en los precios de los granos de cereales y oleaginosas, lo que no solo eleva los costos de producción animal, sino que también genera competencia con los alimentos destinados al consumo humano.

Sin embargo, el creciente desarrollo de explotaciones agrícolas comerciales motiva a realizar diversos estudios para mejorar las características productivas y, por lo tanto, pretende proporcionar más información sobre su valor en el aporte nutricional y el nivel de uso en la alimentación de cuyes, lo que limita su utilización y/o aprovechamiento no solo a nivel familiar sino también a nivel comercial, teniendo en cuenta que existen zonas con altos niveles de producción de estas especies arbóreas y que, en general

están siendo subutilizadas.

La región Cusco, cuenta con espacios geográficos propicios para el crecimiento de estas especies arbóreas, en las cuales la oferta foliar es bastante alta, lo que constituye una alternativa económica para los pobladores de esas zonas; es por ello que el presente estudio pretende brindar información sobre el valor nutricional de estas especies (morera y pisonay) para su utilización en la alimentación de cuyes.

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1. OBJETIVOS

2.1.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar el valor nutricional de la harina de las hojas de morera (*Morus alba*) y pisonay (*Erythrina sp*) y evaluar su inclusión en dietas para cuyes (*Cavia porcellus*)

2.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la composición químico nutricional de la harina de hojas de morera (*Morus alba*) y pisonay (*Erythrina sp*).
- Determinar el consumo de materia seca y materia orgánica en cuyes (*Cavia porcellus*) alimentados con dietas de inclusión de harina de hojas de morera (*Morus alba*) y de pisonay (*Erythrina sp*).
- Determinar el coeficiente de digestibilidad aparente de materia seca y materia orgánica de las dietas con inclusión de la harina de las hojas de morera (*Morus alba*) y pisonay (*Erythrina sp*) en cuyes (*Cavia porcellus*).

2.2. JUSTIFICACIÓN

En los últimos años, la crianza de cuyes en el Perú ha experimentado un notable crecimiento debido a los beneficios que ofrece, desde el punto de vista cultural, nutricional y económico. Este incremento ha permitido que los cuyes se conviertan como una fuente significativa de ingresos para pequeños y medianos productores de las zonas andinas, impulsando así el desarrollo rural. Asimismo, su producción contribuye a fortalecer la seguridad alimentaria, al proporcionar una fuente importante de proteínas y otros nutrientes esenciales.

La nutrición y la alimentación animal son pilares fundamentales de la producción animal, ya que representa los mayores costos en todo el proceso productivo. Por lo tanto, optimizar la alimentación de los animales resulta mayor rentabilidad tanto para los productores como para los consumidores. Se sabe que una de las formas más económicas de alimentar a especies herbívoras, como el cuy, es a través del uso de forrajes, debido a su bajo costo; sin embargo, su disponibilidad se reduce durante la temporada seca, lo que obliga a los productores a recurrir a alimentos balanceados, los cuales aumentan considerablemente los costos de producción.

Frente a ello, el uso de especies arbóreas como la morera y el pisonay representan una alternativa para complementar o reemplazar parcialmente estas demandas. Estas especies poseen características nutricionales favorables y pueden ser producidas de manera sostenible en diversas zonas del país. Sin embargo, la información disponible sobre su valor nutricional y su uso adecuado en dietas para cuyes sigue siendo limitada, lo que dificulta su aprovechamiento eficiente por parte de los productores.

Por ello, esta investigación justifica en brindar mayor información sobre su valor nutricional de la harina de las hojas de morera y pisonay, y así como su potencial de inclusión en dietas para cuyes, este conocimiento permitirá proponer alternativas alimenticias más económicas, reducir los costos de alimentación principalmente en épocas críticas como la temporada seca.

III. HIPOTESIS

3.1. HIPOTESIS GENERAL

- **Hipotesis nula (H_0):** La inclusión de harina de hojas de morera (*Morus alba*) y pisonay (*Erythrina sp*) en las dietas no produce diferencias significativas en el desempeño nutritivo de consumo y digestibilidad de materia seca y materia orgánica.
- **Hipotesis alternativa (H_1):** La inclusión de harina de hojas de morera (*Morus alba*) y pisonay (*Erythrina sp*) produce diferencias significativas en el desempeño nutritivo de consumo y digestibilidad de materia seca y materia orgánica.

3.2. HIPOTESIS ESPECIFICOS

- **Hipotesis nula (H_0):** No existen diferencias significativas en los componentes de químico nutricionales (proteína cruda, fibra cruda, materia seca, cenizas) entre la harina de hojas de morera (*Morus alba*) y la harina de pisonay (*Erythrina sp*).
- **Hipótesis alternativa (H_1):** Existen diferencias significativas en los componentes de químico nutricionales (proteína cruda, fibra cruda, materia seca, cenizas) entre la harina de hojas de morera (*Morus alba*) y la harina de pisonay (*Erythrina sp*).
- **Hipótesis nula (H_0):** La inclusión de harina de hojas de morera (*Morus alba*) y pisonay (*Erythrina sp*) en las dietas no produce diferencias significativas en el consumo de materia seca y materia orgánica en cuyes (*Cavia porcellus*), en comparación con la dieta control.
- **Hipótesis alternativa (H_1):** La inclusión de harina de hojas de morera (*Morus alba*) y pisonay (*Erythrina sp*) en las dietas produce diferencias significativas en el consumo de materia seca y materia orgánica en cuyes (*Cavia porcellus*), en comparación con la dieta control.

- **Hipótesis nula (H_0):** La inclusión de harina de hojas de morera (*Morus alba*) y pisonay (*Erythrina sp*) en las dietas no genera diferencias significativas en el coeficiente de digestibilidad aparente de materia seca y materia orgánica en cuyes (*Cavia porcellus*), respecto a la dieta control.
- **Hipótesis alternativa (H_1):** La inclusión de harina de hojas de morera (*Morus alba*) y pisonay (*Erythrina sp*) en las dietas genera diferencias significativas en el coeficiente de digestibilidad aparente de materia seca y materia orgánica en cuyes (*Cavia porcellus*), respecto a la dieta control.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

4.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Villegas (2017), realizó el estudio en Colombia en el cual evaluó la sustitución parcial del concentrado comercial (CC) por morera (*Morus alba*) en la dieta de cuyes para analizar su digestibilidad, utilizaron 24 cuyes machos divididos en cuatro tratamientos con diferentes proporciones de morera y concentrado comercial (1, 2 y 3 % del peso vivo y morera solo), mostrando resultados con morera al 2 y 3 % de concentrado, mejoraron la digestibilidad de materia seca, proteína, extracto no nitrogenado sin diferencias estadísticas significativas entre ambos, por otro lado la morera al 3 % presentó los mejores resultados en digestibilidad de fibra cruda y energía bruta, concluyendo que la morera puede reemplazar hasta el 3 % del CC en la dieta sin afectar negativamente la digestibilidad.

Hurtado *et al.*,(2012), realizaron una investigación en Colombia, en el que, evaluaron el efecto de cuatro forrajes tropicales sobre el desempeño nutricional en cuyes, utilizando un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos, los forrajes evaluados fueron morera (*Morus sp*), matarratón (*Gliricidia sepium*), pasto india (*Panicum maximum*) y arboloco (*Montanoa quadrangularis*), el arboloco mostro la mejor calidad nutricional y mayor energía digestible (3734 Kcal/kg MS) con un consumo moderado, la morera mostró buena digestibilidad proteica (75 %) y aceptable valor energético (2660 Kcal ED/kg) con un consumo promedio de 41.1 g MS/animal/día, el matarratón tuvo el mayor contenido de proteína, pero bajo valor energético (1924 Kcal ED/kg) y limitado consumo, el pasto india a pesar de su menor valor nutricional y digestibilidad fue el más consumido.

Meza-Bone *et al.*, (2012), realizaron estudio en Ecuador, evaluaron la composición química y la digestibilidad *in vivo* de cuatro especies arbustivas, se aplicó un diseño completamente al azar analizándose variables como proteína cruda (PC), materia seca (MS), fibra cruda (FC), materia orgánica (MO) y diversos coeficientes de digestibilidad, los tratamientos son testigo (T0) y harinas de *Morus alba* (T1), *Erythrina poeppigiana* (T2), *Tithonia diversifolia* (T3) y *Hibiscus rosa-sinensis* (T4), los tratamientos T0, T1 y T2 mostraron los mejores contenidos de nutrientes, destacando valores de PC (22.34 %), FC (47.22 %), MS (84.55 %) y MO (83.77 %), para digestibilidad, T0 obtuvo los mayores valores en DMS (73.55 %), DMO (72.90 %).

Apraez- Guerrero *et al.*, (2008), llevaron a cabo una investigación en Colombia, en el cual evaluaron el uso de forrajes y alimentos no convencionales en la dieta de cuyes en crecimiento, distribuidos en un diseño de bloques al azar, las variables fueron ganancia de peso, consumo de alimento y materia seca, mortalidad y rendimiento de canal, los resultados no mostraron diferencias significativas entre tratamientos a excepción el contenido proteico de la carne con la dieta que incluía leucaena, se concluye que es factible el uso de forraje de harina de morera, glicinia, leucaena, gallinaza, cítricos y miel en dietas concentradas para cuyes, sin afectar negativamente su desempeño productivo ni la calidad de su carne.

Nieves *et al.*, (2006), realizaron un estudio en Venezuela, en donde evaluaron la digestibilidad aparente de nutrientes en el follaje de morera (*Morus alba*) en conejos, utilizando métodos de sustitución y directo, distribuidos en tres tratamientos, T1 (dieta basal), T2 (30 % morera) y T3 (100 % morera), no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) en la digestibilidad de materia seca, materia orgánica, energía, fibra detergente neutro y ácido entre tratamientos, sin embargo, la digestibilidad de la fibra cruda fue mayor en T3 ($P < 0,05$) y la de proteína cruda fue mayor en T1 ($P < 0.05$), el forraje de morera mostró un contenido de energía digestible de 2328.60 ± 501.93 kcal/kg y proteína digestible de 136.7 ± 21.4 g/kg de MS, los resultados indican que la morera es un ingrediente con buen valor nutricional, adecuado para la alimentación de conejos en crecimiento.

4.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Villanueva (2016), realizó un estudio que se llevó a cabo en Trujillo con el objetivo de determinar los coeficientes de digestibilidad de la proteína bruta, fibra cruda, extracto etéreo, ceniza y extracto libre de nitrógeno de las hojas de morera (*Morus alba*) y pisonay (*Erythrina sp*) en la alimentación de cuyes, los resultados indicaron que las hojas de morera aportaron 2962.9 kcal/kg de energía digestible, con coeficientes de digestibilidad de 76.64 % para materia seca, 79.88 % para proteína bruta, 58.03 % para extracto etéreo, 81.56 % para fibra cruda y 95.88 % para extracto libre de nitrógeno, en el caso de las hojas de eritrina, se obtuvo un valor energético de 2657.84 kcal/kg y coeficientes de digestibilidad de 62.05 % para materia seca, 68.07 % para proteína bruta, 60.83 % para extracto etéreo, 67.73 % para fibra cruda y 83.03 % para extracto libre de nitrógeno, estos resultados evidencian que ambas especies arbóreas son adecuadas para ser incluidas en la dieta de los cuyes.

Felix (2021), realizó el estudio en Abancay - Apurímac, en el cual determino el valor nutricional de la harina de pisonay (*Erythrina sp*) en diferentes edades de rebrote para su uso en la alimentación de monogástricos, se analizó la materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra cruda (FC), extracto etéreo (EE), ceniza, fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), y se estimó la energía bruta (EB) y energía digestible (ED) de la harina de pisonay, en cuanto a los resultados mostraron que la materia seca fue constante 92 %, la proteína cruda varió de 20 % a los cuatro y ocho meses, 19.7 % a los 12 meses, por otro lado, la fibra cruda disminuyó de 25.1 % a cuatro meses, 22.0 % a los 12 meses, así también la EB fue de 3.6 a 4.2 Mcal/kg materia seca y la energía digestible de 1.8 a 2.7 Mcal/kg MS, indicando que el pisonay es un recurso forrajero para conejos, aves y cerdos, siendo especialmente útil como suplemento.

Cardenas-Villanueva *et al.*, (2021), en el trabajo realizado en Abancay - Apurímac determinaron el efecto de tres edades de rebrote y tres niveles de inclusión de harina de pisonay (*Erythrina edulis*) en la dieta de cuyes (*Cavia porcellus*) sobre el consumo, se emplearon 120 cuyes en 10 tratamientos, el consumo fue menor con el tratamiento 8M30 %, observándose un menor consumo con edades menores de rebrote, la inclusión

de hasta 20 % de harina de pisonay no afectó negativamente el rendimiento productivo, lo que indica su viabilidad como insumo alimenticio. Así mismo Cárdenas (2022), analizó la composición nutricional y la digestibilidad aparente de la harina de pisonay de 4, 8 y 12 meses de edad de rebrote, se elaboraron 10 dietas con niveles de inclusión de 10, 20 y 30 %, además de una dieta control, y se alimentaron 120 cuyes, la edad de rebrote afectó la composición nutricional y la digestibilidad, la cual fue similar entre tratamientos, la mayor retribución económica se obtuvo con la dieta 12M30 %, estos resultados confirmaron que la harina de pisonay es una alternativa viable y económicamente favorable para la alimentación de cuyes.

Hidalgo-Lozano y Zeballos-Delgado (2024), en su estudio realizado en Lima, evaluaron el efecto del forraje fresco de morera y maíz chala, con y sin suplementación de concentrado, en la alimentación de cuyes mejorados, trabajaron con 64 cuyes machos distribuidos en cuatro tratamientos, los resultados mostraron que la suplementación con concentrado mejoró significativamente los parámetros productivos, sin observar diferencias entre morera y maíz chala, se concluyó que la morera puede sustituir al maíz chala en la dieta de cuyes en crecimiento, como en zonas con limitada disponibilidad de alimento.

4.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Huahuarunta (2015), en su estudio realizado en Echarati - La Convención, determinó el valor nutritivo de la morera (*Morus alba*) a los 45 y 60 días de rebrote para su uso en la alimentación animal, mostró que el pH era de 7.1 en las hojas y 7.0 en la corteza, las hojas presentaron un 78.6 de humedad a los 45 días y 75.8 % a los 60 días, mientras que la corteza tuvo 81.9 y 80.9 %, en cuanto a la materia seca, las hojas tuvieron 21.4 y 24.2 % a los 45 y 60 días, y la corteza 18.1 y 19.1 %, el contenido de proteína bruta fue de 19.5 y 23.5 % a los 45 y 60 días, y en corteza fue de 19 y 20.5 %, los carbohidratos totales fueron 56.3 y 49.5 % a los 45 y 60 días, y 54.1 y 50 % en corteza, en cuanto a los minerales, las hojas contuvieron 59 mg de fósforo, 215 mg de calcio y 15 mg de magnesio a los 45 días, mientras que en la corteza los niveles fueron 57 mg de fósforo, 90 mg de calcio y 6 mg de potasio a los 45 días.

Delgado (2019), realizó un estudio en Echarati - La Convención, donde determinó los coeficientes de digestibilidad de los forrajes de morera (*Morus alba*) y mucuna (*Stizolobium deeringeanum*) distribuidos al azar, alimentándolo con los forrajes de morera y mucuna tuvieron las siguientes composiciones químicas 27.4 y 25.4 % de MS, 17.7 y 24.5 % de proteína, y 30.5 y 40.8 % de fibra cruda, respectivamente, los coeficientes de digestibilidad para cada forraje fueron; PC 57.40 %, 76.19 %, FC 66.85 %, 58.55 %, EE 23.55 %, 31.85 %, ELN 89.71 %, 77.73 % y CZS 55.02 %, 67.95 % significativamente diferentes ($p < 0.05$), por otro lado los nutrientes digestibles totales (NDT) fueron similares entre ambos forrajes (64.95 % para morera y 64.08 % para mucuna), sin diferencias significativas, el consumo promedio fue mayor en los cuyes alimentados con mucuna (170.2 g) a comparación alimentados con morera (163.43 g).

4.2. CUY (*Cavia porcellus*)

4.2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

El cuy es un roedor nocturno, sensible a temperaturas bajas como elevadas que prefiriere un ambiente entre 17 y 18 °C y su alimentación está a base de forrajes verdes y se le considera un animal húmedo por su orina, con una humedad corporal de 10 % de su peso, en caso de su vida útil para su reproducción se da entre los 8 y 12 meses de edad, y su esperanza de vida es de unos seis años (Quiñonez, 2020). Tamaño pequeño, con cabeza relativamente grande en comparación con su cuerpo y un tronco de forma cilíndrica cubierto de pelaje, sus ojos pueden ser de color negro o rojo, y tiene extremidades cortas con dedos, sus orejas son redondeadas y no tiene cola; esta especie se clasifica según su tipo de pelaje y su conformación corporal (Usca *et al.*, 2022).

4.2.2. FISIOLÓGÍA DIGESTIVA DEL CUY

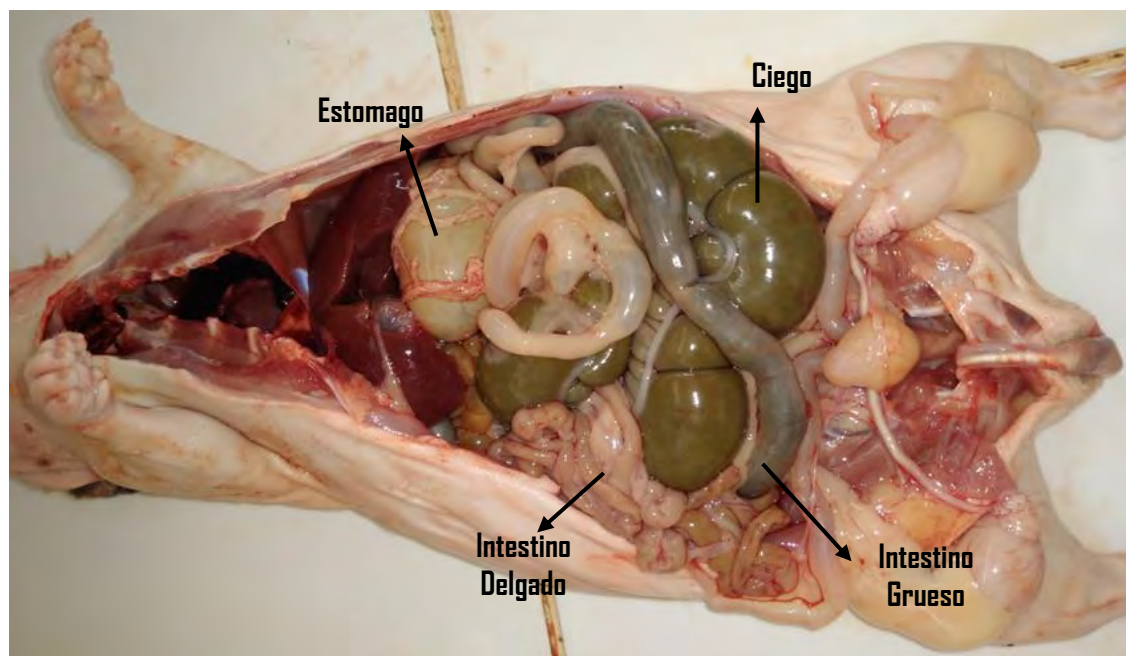
El cuy es un animal herbívoro con un sistema digestivo monogástrico, en el cual la digestión se inicia a nivel del estómago mediante la acción de enzimas que permiten la degradación parcial de los nutrientes del alimento; sin embargo, este proceso no es suficiente para la utilización completa de los componentes estructurales de la dieta,

posteriormente, el alimento continúa su tránsito hacia el intestino posterior, donde el cuy presenta un ciego ampliamente desarrollado y funcional, en el que se lleva a cabo la fermentación microbiana de la fracción fibrosa gracias a la acción de microorganismos especializados, motivo por el cual se le considera un fermentador post-gástrico (Chauca, 1997). De esta manera, el cuy combina una digestión enzimática inicial en el estómago con una digestión de tipo fermentativa en el ciego, lo que le permite aprovechar carbohidratos estructurales y otros componentes de origen vegetal, contribuyendo a un mejor uso de dietas con contenidos moderados de fibra (Ramos, 2014).

Presenta un sólo estómago y un ciego funcional que es comparable con otras especies pecuarias, sin embargo, es menos eficiente que el rumen (vacunos y ovinos) debido a que los microorganismos se multiplican más rápido y sobrepasan la acción de las enzimas proteolíticas, pero comparado con el conejo, el ciego del cuy, es más desarrollado y especializado, con alta presencia de flora bacteriana, identificándose también una serie de protozoarios, siendo estos organismos los responsables de la fermentación de alimentos fibrosos lo cual le permite cubrir parte de sus requerimientos nutricionales (Caycedo, 2000).

La presencia de una flora bacteriana predominante provoca una fermentación acelerada de los alimentos gruesos; sin embargo, el tiempo que requieren los microorganismos para multiplicarse es mayor que el tiempo de retención de los alimentos en el tracto digestivo; este problema se soluciona parcialmente mediante mecanismos que aumentan la retención de alimentos y promueven su desintegración significativa, lo que genera la absorción de energía en forma de ácidos grasos volátiles, además, la mayor actividad fermentativa de los alimentos se produce en el ciego y el colon proximal (Esquerre *et al.*, 1974). En la figura 1 se presenta el aparato digestivo.

Figura 1. Partes del aparato digestivo del cuy



Nota: Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos-UNSAAC (2021).

4.2.3. ALIMENTACIÓN DEL CUY

El cuy es un animal herbívoro que se alimenta principalmente de forrajes, la calidad de su dieta es esencial para lograr buenos resultados en su producción, es crucial que haya forraje disponible durante todo el año y que se elijan los alimentos de forma correcta, mezclándolos apropiadamente para asegurar que la alimentación ofrezca los nutrientes necesarios, esto permite una dieta balanceada que mejora la eficiencia en la nutrición y producción del cuy (Vivas y Carballo, 2009). La dieta de los cuyes es sumamente versátil y se fundamenta, sobre todo, en el consumo de forrajes que están presentes en cada región, para optimizar la efectividad nutricional, es crucial ofrecer estos insumos en el tiempo adecuado, es decir; cuando tienen la mejor combinación de nutrientes (Cardona *et al.*, 2020). Los alimentos secos, que contienen entre un 1 y un 8 % de humedad, también forman parte de la dieta de los cuyes, generalmente en forma de henos o harinas, muchos de estos insumos se utilizan en la formulación de piensos balanceados y se pueden categorizar en fuentes proteicas, energéticas y fibras, el uso de piensos balanceados ha demostrado mejorar los rendimientos productivos y

reproductivos de los cuyes (Ramos, 2014).

Los sistemas de alimentación de los cuyes se adaptan a los recursos disponibles, mezclando forrajes y piensos balanceados para ofrecer una dieta completa y apropiada para satisfacer sus requerimientos nutricionales (Chauca, 1997). Existen sistemas de alimentación que se manejan:

4.2.3.1. Alimentación con forrajes

El cuy, siendo un animal herbívoro, consume en su mayoría forraje verde debido a su sabor atractivo y se digiere con facilidad que le proporciona vitamina C, agua y otros nutrientes necesarios, sin embargo, este tipo de alimento restringe su acceso a todos los nutrientes indispensables, lo que afecta su productividad, además, la cantidad de forraje que hay disponible se ve influenciada por factores estacionales y climáticos, lo que puede dificultar su obtención (Vivas y Carballo, 2009).

4.2.3.2. Alimentación con forrajes y balanceado (mixta)

Este enfoque de alimentación se basa en ofrecer forrajes junto con la adición de piensos equilibrados, los cuales actúan como un apoyo nutricional, con esta estrategia, se consigue una mejor efectividad en la nutrición y en la producción de los cuyes, asegurando que reciban todos los nutrientes necesarios para un desarrollo adecuado (Vivas y Carballo, 2009). La escasez de agua en ciertas áreas complica la disponibilidad constante de forraje, por lo que se busca resolver este problema usando concentrados como suplementos alimenticios, lo que facilita equilibrar la dieta de los cuyes y asegurar una ración adecuada a lo largo del año (Usca *et al.*, 2022).

4.2.3.3. Alimentación con balanceado y Vitamina C

El concentrado es la única fuente de alimento para el animal, es fundamental garantizar que cada uno consuma entre 40 y 60 gramos diariamente, según la calidad de la dieta, la fibra dietética debe constituir del 8 % al 18 % del alimento, asimismo, es crucial añadir vitamina C en este tipo de alimentación, se aconseja presentar el concentrado en forma de pellets para mejorar su uso, siempre junto a agua fresca (Usca *et al.*, 2022).

4.2.4. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL CUY

Las necesidades nutricionales se refieren al aporte de nutrientes que necesita un animal para cubrir sus requerimientos de mantenimiento, crecimiento, reproducción y producción (Sarria, 2011). Los requerimientos dependen de la edad, estado fisiológico, genotipo y medio ambiente donde se desarrolle la crianza (Vladimir, 2007), así mismo, el conocimiento de ello, permite formular dietas balanceadas, que permitan cubrir los requerimientos mencionados durante su vida productiva.

En la actualidad se viene utilizando la tabla de requerimientos del NRC (National Research Council) (1995) (Tabla 1), en la formulación de las raciones, aunque estos requerimientos son para animales de laboratorio y establecidos solamente con criterios de mantenimiento, sin embargo, se han hecho reajustes muy importantes que son aplicables en la alimentación del cuy en sus etapas de crecimiento y engorde (Manrique, 2020).

Tabla 1. Requerimientos nutricionales del cuy

Nutrientes	Unidad	(NRC, 1995)	(Vergara, 2008)			
			Inicio	Crecimiento	Acabado	Gestación y lactación
Proteína Cruda	(%)	18	20	18	17	19
Energía digestible	(kcal/kg)	3000	3000	2800	2700	2900
Fibra Cruda	(%)	15	6	8	10	12
Calcio	(%)	0.8	0.8	0.8	0.8	1
Fósforo	(%)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.8
Vitamina C	(mg/100g)	20	30	20	20	20

Nota: NRC (1995); Vergara (2008)

4.3. HOJA DE MORERA (*Morus alba*)

La morera es una planta arborea con múltiples usos que proviene de China, desde hace más de cinco mil años, ha sido el alimento principal de los gusanos de seda

debido a su notable valor nutritivo, especialmente por su elevado nivel de proteínas y energía (Martin *et al.*, 2007). Posee hojas de un verde claro y brillante, con nervaduras blanquecinas en la parte inferior y una base irregular, sus ramas son de tonalidad grisácea o amarillenta, y los frutos alcanzan longitudes de entre 2 y 6 centímetros, presentando colores morados o blancos (Benavides, 1995).

Forma parte de la clase de las Dicotiledóneas, en la subclase Urticales, y en la familia Moraceae, el género *Morus* abarca varias especies, incluyendo *M. alba*, *M. nigra*, *M. indica* y *M. bombycis*, entre muchas otras, este género se caracteriza por incluir arbustos y árboles medianos, usualmente sin espinas, que generan látex y poseen una distribución a nivel mundial (Castro y Orozco, 2010). Las variedades más conocidas, *Morus alba* y *M. nigra*, provienen de las zonas templadas al pie del Himalaya y se consideran "cosmopolitas" debido a su gran adaptabilidad a diversos entornos climáticos, en muchas naciones, se emplean para dar sombra, como elemento decorativo y para mitigar el desgaste del terreno (Benavides, 1995).

Las hojas de morera son muy sabrosas y se digieren con facilidad (70-90 %) por los rumiantes, además, los monogástricos también pueden comerlas, el porcentaje de proteína en las hojas y los brotes suaves oscila entre el 15 % y el 28 %, según la variedad, y presentan un perfil sobresaliente de aminoácidos esenciales (Sánchez, 2006).

La morera tiene un alto nivel de mineral y no se han encontrado compuestos tóxicos o anti-nutricionales; su cultivo se puede llevar a través de estacas o semillas, y la cosecha se puede hacer quitando las hojas, podando ramas o incluso extraer la planta entera, el rendimiento varía según la especie, las condiciones locales (temperatura, radiación solar y lluvia), la densidad de plantas, el uso de fertilizantes y el método de cosecha, las hojas de morera pueden utilizarse como suplemento en vacas lecheras en lugar de concentrados o como alimento principal en cabras, ovejas, conejos, cuyes, terneros y vacas de carne, además de ser un ingrediente en las dietas de cerdos y aves (Sánchez, 2006).

La clasificación taxonomica de la morera de acuerdo a Huahuarunta (2015) se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Clasificación taxonomica de la morera(*Morus alba*)

Clasificación	Científica
Phyllum:	Plantae
División:	Spermatophyta
Clase:	Magnoliatae
Orden:	Urticales
Familia:	Moraceae
Género:	Morus
Especie:	Morus alba

Nota: Huahuarunta (2015)

Las hojas de morera tienen un alto contenido de nutrientes, comparable al de los concentrados a base de granos, lo que las convierte en un excelente suplemento para dietas, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Composición nutricional de la morera (*Morus alba*)

Nutrientes	Porcentaje
Materia Seca	27.2
Humedad	72.8
Proteína	18.9
Extracto Libre de Nitrógeno	47.53
Grasa	4.62
Nitrógeno	3.02
Fibra Cruda	12.93
Cenizas	13.81
Fosforo	0.14
Calcio	1.74
Magnesio	0.14

Nota: Alarcon (2015)

4.4. HOJA DE PISONAY (*Erythrina sp*)

Cárdenas (2016) citado por Felix (2021), afirma que las leguminosas arbustivas son una herramienta importante para la sostenibilidad en la agricultura, ofreciendo numerosos beneficios tanto ambientales como económicos, su adaptabilidad las hace un recurso vital para agricultores de diversas escalas, apoyando la seguridad alimentaria, la mejora del suelo y la reducción del impacto del cambio climático.

Dentro de los agroecosistemas y la alimentación de animales, las leguminosas tienen un papel fundamental en un mundo que enfrenta una creciente necesidad de alimentos, se aprecian por su aporte nutricional a la producción agrícola, su utilización en los hogares y su efecto favorable en la preservación del medio ambiente, su versatilidad las convierte en un activo para agricultores de subsistencia y grandes explotaciones comerciales (Felix, 2021). En la tabla 4 muestra la taxonomía del género pisonay.

Tabla 4. Taxonomía del género pisonay (*Erythrina sp*)

Phylum	Tracheophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Leguminosae
Subfamilia	Papilinoideae
Género	<i>Erythrina</i>

Nota: Felix (2021)

Se emplea para poste vivo en cercas para huertos y potreros, además, sus hojas y pecíolos se destinan a la alimentación de conejos y cuyes, en la región de Loreto, se utiliza para proporcionar sombra en los cultivos de café, dado que produce una considerable cantidad de materia orgánica a partir de sus hojas caídas, también contribuye a la estabilización del suelo en laderas, ayudando a reducir procesos de erosión, aunque su calidad como forraje es aceptable, puede contribuir a mejorar la producción de leche en las vacas por su elevado contenido en proteínas y buena

digestibilidad (Felix, 2021).

Son plantas arbustivas de la familia de las leguminosas que poseen un alto nivel de proteína, lo cual lleva a que los productores de ganado lechero, ganaderos de cabras y los criadores de animales menores como los cuyes las utilizan como forraje principal en la temporada de sequía, con el objetivo de enriquecer su alimentación y optimizar el uso de alimentos voluminosos, basándose en el conocimiento tradicional (Choque *et al.*, 2018).

El pisonay posee un alto valor nutricional, como lo indica Limache (2013), citado por Villanueva (2016), con un contenido de materia seca de 14.74 %, fibra cruda de 20.36 %, proteína cruda de 20.38 % y extracto etéreo de 4.34 %, según un análisis proximal realizado en Pucallpa, Perú, expresado en base a materia seca.

4.5. DIGESTIBILIDAD

La digestibilidad es un elemento esencial en los métodos de análisis de alimentos, y se define como la fracción del alimento ingerido que no es excretada en las heces, lo que indica que ha sido aprovechada y asimilada por el sistema digestivo del animal (Stein *et al.*, 2007). Esta medida permite evaluar la calidad de la dieta a través del análisis de las materias primas utilizadas, la disponibilidad de los nutrientes que contienen y su efecto sobre la salud y el rendimiento animal, así como sobre las características fecales; además, resulta fundamental para el cálculo de los requerimientos nutricionales y para el diseño de dietas adecuadas (Harmon, 2007).

La capacidad de absorción de los alimentos está influenciada por diversos factores, tanto del alimento en sí como del animal que lo ingiere, la estructura química en particular la variación y cantidad de fibra, juega un papel esencial, además, las interacciones entre los distintos elementos de una dieta pueden modificar la digestibilidad, por ejemplo, cuando se mezclan forrajes de baja calidad con concentrados altos en almidón, asimismo, las técnicas físicas y térmicas, como la molienda o la cocción, pueden impactar el proceso digestivo, ya sea promoviendo o complicando (McDonald *et al.*, 2022). La especie y la edad del animal también son factores determinantes; los rumiantes tienen una mejor capacidad para digerir alimentos fibrosos,

mientras que, en animales no rumiantes, como los cuyes, la digestibilidad de la fibra es menor; además, los animales que han alcanzado su desarrollo completo tanto anatómico y fisiológico tienden a aprovechar mejor el alimento que ingieren (Huarco, 2012).

4.5.1. DIGESTIBILIDAD APARENTE (D.A)

Al calcular los coeficientes de digestibilidad, la digestibilidad aparente se considera cuando los gases generados durante la digestión, como el dióxido de carbono y el metano se dispersan, lo que resulta una pérdida parcial de la energía contenida en el alimento; además, algunos de los nutrientes presentes en las heces provienen de fuentes endógenas, como células de la mucosa intestinal, secreciones digestivas y bacterias, tanto vivas como muertas, que se encuentran en grandes cantidades en las excretas, junto con los residuos de alimento no digeribles; por lo tanto, la digestibilidad aparente se considera una estimación inicial razonable del valor (Church y Pond, 2002).

Las heces contienen no solo residuos de alimentos no digeridos, sino también sustancias derivadas de los tejidos corporales, como células intestinales desprendidas, secreciones digestivas y microorganismos presentes en el intestino, por lo tanto, la diferencia entre la cantidad de alimento ingerido y la cantidad de heces excretadas se define como el alimento aparentemente digerido, que representa la porción de alimento realmente utilizada por el organismo (Bondi, 1988).

Es así que, para el cálculo matemático de la digestibilidad aparente (D.A.) se hace mediante la diferencia entre la cantidad de nutriente consumido y la cantidad del nutriente excretado en las heces fecales (Cañas, 1995).

4.5.2. DIGESTIBILIDAD VERDADERA (D.V)

La digestibilidad real o verdadera se calcula como la diferencia entre la cantidad consumida y los restos presentes en las heces, excluyendo los productos metabolizados o endógenos, los compuestos nitrogenados, los lípidos y los minerales de origen metabólico se mezclan con las heces, aunque no se secretan carbohidratos en el intestino (Bondi, 1988).

Este método incluye la excreción endógena de nitrógeno en sus cálculos, lo que proporciona una estimación más precisa de la digestibilidad del alimento, como resultado, los valores reales de digestibilidad no se ven afectados por el contenido de proteína cruda de la dieta, este enfoque facilita la formulación de dietas que satisfacen adecuadamente las necesidades alimenticias (Aguilar, 2019), además, para el caso de la proteína, ayudará a suplir a los animales de manera adecuada (Low, 1990).

4.5.3. DIGESTIBILIDAD POR DIFERENCIA

Church y Pond (2002), indican que, cuando se busca determinar la digestibilidad de un alimento que no es utilizado en la alimentación de una especie o que no se puede ofrecer en su totalidad en la dieta, es recomendable proporcionar una dieta base que, cubra los nutrientes mínimos necesarios para las funciones vitales del animal junto con el alimento en evaluación, administrado en uno o más niveles, posteriormente utilizar la fórmula de digestibilidad por diferencia expuesta por (Villamide, 1996):

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

CD: Coeficiente de digestibilidad de alimento en prueba

M: Coeficiente de digestibilidad de la dieta completa

B: Coeficiente de digestibilidad de la dieta basal

S: Sustitución porcentual del alimento en prueba de la mezcla

IV. MATERIALES Y METODOLOGÍA

4.1. AMBITO DEL ESTUDIO

4.1.1. Ubicación política

La investigación se desarrolló en la Sala de Investigación en Bioenergética de Cuyes (SIBEc) y en el Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Escuela Profesional de Zootecnia, Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), ubicados en el Centro Agronómico K'ayra, en el distrito de San Jerónimo, provincia Cusco, región Cusco.

4.1.2. Ubicación geográfica

El Centro Agronómico K'ayra se encuentra a una altitud de 3312 m s. n. m., con las siguientes coordenadas geográficas: latitud Sur 13° 31' 48" y longitud Oeste 71° 58' 12" (Meteoblue, 2024).

Figura 2. Ubicación del experimento



Nota : Google Earth (<https://earth.google.com/web/@-13.55185348,-71.8743974>)

Leyenda: Sala de Investigación en Bioenergética en cuyes (SIBEc) y Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos del Area de Nutrición.

4.1.3. Condiciones climáticas

El estudio se llevó a cabo durante la época de friaje correspondiente a las heladas en la región Cusco, periodo en el que se presentan bajas temperaturas ambientales, principalmente durante las horas nocturnas y de madrugada. Estas condiciones climáticas pudieron influir en el manejo de los animales y en el consumo de alimento durante el desarrollo del experimento.

4.1.4. Duración de la investigación

La investigación tuvo una duración de quince días, se dividió en etapa pre experimental, etapa experimental durante el mes de julio del año 2024, periodo en el que se realizó el manejo de los animales, el suministro de las dietas experimentales, el registro del alimento ofrecido y rechazado, y la recolección total de heces para su posterior análisis.

4.2. MATERIALES Y EQUIPOS

4.2.1. MATERIALES DE CAMPO

- Tijera de podar 8"
- Arpillera blanca
- Malla raschel sombra 80 %
- Jaulas metabólicas individuales de 0.38 m de largo * 0.30 m de ancho * 0.32 m de alto
- Comedero doble rectangular de 19 cm de largo * 7 cm de alto * 10 cm de ancho.
- Bebederos automáticos tipo chupón
- Recipientes de plástico
- Marcador indeleble
- Guantes de látex desechable
- Bolsas de papel kraft
- Bolsas con cierre hermético ziploc
- Artículos de limpieza
- Contenedor de cierre hermético
- Balanza electrónica digital de 5 kg (Valtox, BRD09)
- Termohigrómetro ambiental ISOLAB

- Peletizadora Kumamoto, YC- 12M- 4 /3.0 HP
- Molino de martillo

4.2.2. MATERIALES Y EQUIPOS DE LABORATORIO

- Espectrómetro infrarrojo cercano NIR (Perten, DA 7250)
- Estufa de convección forzada (Binder, FED720)
- Balanza analítica (Sartorius, Quintix 224-1S)
- Balanza analítica (Radwag, AS 220.R2)
- Balanza de precisión (Sartorius, Practum 1100-1S)
- Molino de cuchillas (Foss, Knifetec KN 295)
- Mufla eléctrica (Protherm Furnaces, ECO 110/9)
- Mufla eléctrica (Nabertherm, LE6/11)
- Desecador de laboratorio
- Bandejas de muestras de aluminio
- Crisoles de porcelana
- Espátula de laboratorio
- Pinzas

4.2.3. MATERIALES DE OFICINA

- Cuaderno de campo
- Lapicero
- Corrector
- Hojas bond tamaño A4
- Folder
- Laptop

4.2.4. INSUMOS EXPERIMENTALES

- Harina de Hoja de Morera (*Morus alba*)

Para la obtención de harina de hoja de morera, se inició con la recolección del material vegetal, que se realizó en la provincia de La Convención, distrito Inkawasi, durante el proceso, se realizó la poda de las ramas de la plantas de aproximadamente

cinco años de edad en estado fenológico vegetativo, utilizando tijeras de poda, el corte se realizó antes de que las ramas alcanzaran su pleno desarrollo, a una altura de entre 50 y 60 cm, asegurándose de no dañar el meristemo apical, permitiendo garantizar la regeneración de nuevos brotes y asegurar la continuidad del ciclo productivo de la planta.

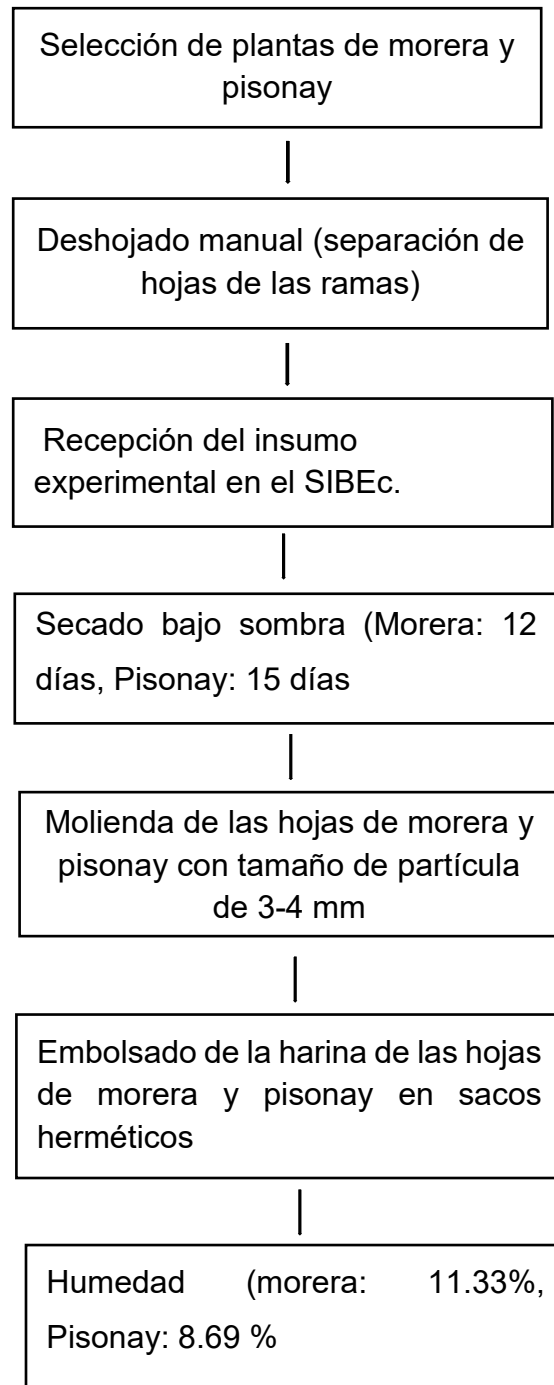
Posteriormente, tras recolectar las ramas de las plantas, se procedió al deshoje manual, separando cuidadosamente las hojas del tallo para facilitar la pérdida de humedad. Luego, las hojas fueron extendidas sobre una arpillera ubicada en un espacio ventilado y protegido de la luz solar durante 12 días, tiempo en el cual alcanzaron un contenido de humedad final de 11.33 %. Este método de secado natural permitió conservar sus características nutricionales. Una vez ya secada las hojas fueron molidas en un molino de martillos hasta obtener un tamaño de partícula fino y uniforme, obteniéndose así la harina de hoja de morera, lista para su empleo en la formulación de las dietas experimentales.

- Harina de hoja de Pisonay (*Erythina sp*)

La recolección de las hojas de pisonay se realizó de manera manual y cuidadosa para evitar daños a la planta y favorecer su regeneración. La poda tuvo lugar en el distrito de Inkawasi, provincia de La Convención, en plantas de aproximadamente tres años de edad que se encontraban en estado fenológico vegetativo, el corte se efectuó a una altura promedio de 50 a 60 cm, adecuándose según el tamaño y grado de desarrollo de cada planta, con el fin de asegurar la continuidad del ciclo productivo en cosechas posteriores

Para obtener la harina de hojas de pisonay, primero se extrajeron las hojas de las ramas podadas y se sometieron a un proceso de henificación, que consistió en un secado bajo sombra durante 15 días, este procedimiento lo que permitió una eliminación gradual de la humedad, manteniendo al máximo sus propiedades nutricionales y organolépticas del material vegetal. Una vez alcanzado el nivel de secado con un contenido de humedad de 8.69 %, las hojas fueron molidas en un molino de martillo, hasta obtener partículas de tamaño adecuado para su posterior procesamiento, obteniendo así la harina de hojas de pisonay.

Figura 3. Flujograma de la obtención de harina de hojas de morera y pisonay



4.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION

La presente investigación fue de tipo aplicada, ya que se orientó a generar información sobre el uso de harinas de hojas de morera y pisonay en la formulación de dietas para cuyes, considerando diferentes niveles de incorporación como insumos forrajeros alternativos. La información obtenida contribuye a la evaluación de nuevas opciones alimenticias que pueden ser utilizadas en la alimentación de esta especie.

El estudio correspondió a un nivel de investigación experimental, debido a que se formularon dietas con variaciones controladas en los niveles de inclusión de las harinas de morera y pisonay. Esta modificación permitió evaluar su efecto sobre el consumo de alimento y la digestibilidad de los nutrientes en los cuyes.

4.3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La investigación se realizó mediante un diseño completamente al azar (DCA), con cinco tratamientos y seis repeticiones por tratamiento, utilizando unidades experimentales homogéneas. Cada tratamiento estuvo conformado por dietas con diferentes niveles de inclusión (30 y 70 %) de harina de hojas de morera y pisonay, con el fin de analizar su influencia sobre las variables productivas y nutricionales evaluadas.

4.3.3. INSTALACIONES

Las instalaciones del SIBEc fueron acondicionadas y desinfectadas, así también se instalaron 30 jaulas metabólicas de acero inoxidable, cada jaula constituida por 12 compartimentos de 0.38 m de largo * 0.30 m de ancho * 0.32 m de alto respectivamente, con piso de malla de acero que permitió el paso de las heces, además se incorporó, un recolector de heces de malla para separar las heces de la orina de cada jaula ubicado por debajo para la caída y colección de heces. Adicionalmente se incorporó comedero doble rectangular y bebederos automáticos (tipo chupón).

4.3.4. POBLACIÓN

Se emplearon 30 cuyes machos de tipo I, de la línea Perú, con una peso promedio de 846 ± 57.7 g , se utilizaron cuyes adultos porque en este estudio se buscó evaluar el potencial de aprovechamiento digestivo en animales en las cuales ya se completó el desarrollo y función del tracto gastro intestinal, sobre todo en lo relacionado a su capacidad para digerir la fibra, estos animales fueron adquiridos de una granja familiar que está ubicada en el distrito Pomacanchi de la provincia de Acomayo, los mismos que fueron ubicados en las jaulas metabólicas durante todo el proceso de evaluación.

4.3.5. TRATAMIENTOS

En el presente trabajo de investigación se establecieron cinco tratamientos con seis repeticiones, los cuales incluyeron una dieta base o referencial, dos tratamientos con inclusión de harina de hojas de morera y dos tratamientos con inclusión de harina de hojas de pisonay. Cada uno de estos tratamientos presenta diferentes niveles de inclusión de los insumos estudiados, según se detalla en la tabla 5.

Tabla 5. Tratamientos de las dietas experimentales

Tratamientos	Dieta basal		Insumo experimental
	(DB)		
T1	100 %		
T2	70 %	30 %	Harina de hojas de morera (HHM)
T3	30 %	70 %	Harina de hojas de morera (HHM)
T4	70 %	30 %	Harina de hojas de pisonay (HHP)
T5	30 %	70 %	Harina de hojas de pisonay (HHP)

4.3.6. PREPARACIÓN DE LAS DIETAS

Para el presente estudio, se formuló una dieta base que cumplió con los requerimientos nutricionales específicos para la etapa fisiológica del cuy, la cual sirvió como matriz para la preparación de las dietas con la adición de insumos experimentales (harina de hojas de morera y pisonay) en diversas proporciones, según se detalla en la tabla 5.

La dieta base fueron elaboradas con insumos locales, para lo cual se empleó una dieta basal (torta de soya + afrecho de trigo + cebada + maíz + harina de alfalfa), a partir de ello, se hizo la sustitución porcentual (peso/peso) de cada insumo en evaluación (harina de hojas de morera y pisonay). En la tabla 6 se aprecian los valores en kilogramos de los insumos utilizados en la formulación, para un total de 60 kilos. Los insumos fueron pesados y combinados cuidadosamente para obtener una mezcla homogénea de los nutrientes, de acuerdo con las proporciones establecidas.

Posteriormente, se incorporó la harina de los insumos experimentales, procurando que la mezcla alcanzara una adecuada homogeneidad. Cada tratamiento fue preparado en recipientes limpios, usando palas de manuales para garantizar una distribución uniforme de los ingredientes. Los valores de la composición química de las dietas formuladas se presentan en la tabla 7.

Una vez obtenida una mezcla homogénea de las dietas, se procedió a peletizar el alimento en una maquina peletizadora para facilitar su suministro y el consumo por parte de los cuyes, la mezcla fue sometida a un acondicionamiento mediante la adición controlada de agua hasta alcanzar un nivel de humedad adecuado, este proceso permitió ablandar las partículas y facilitar su compactación durante la formación del pellet. Los pellets obtenidos fueron secados a baja temperatura para eliminar la humedad y garantizar su estabilidad y conservación, posteriormente enfriados a temperatura ambiente y luego almacenados en recipientes herméticos de plástico, a fin de protegerlos de la luz y la humedad. Estos recipientes se colocaron en un lugar ventilado sobre una tarima de madera, para evitar la contaminación y asegurar que las dietas conserven su calidad nutricional a lo largo de todo el proceso experimental.

Figura 4. Flujograma del proceso de peletización de las dietas experimentales

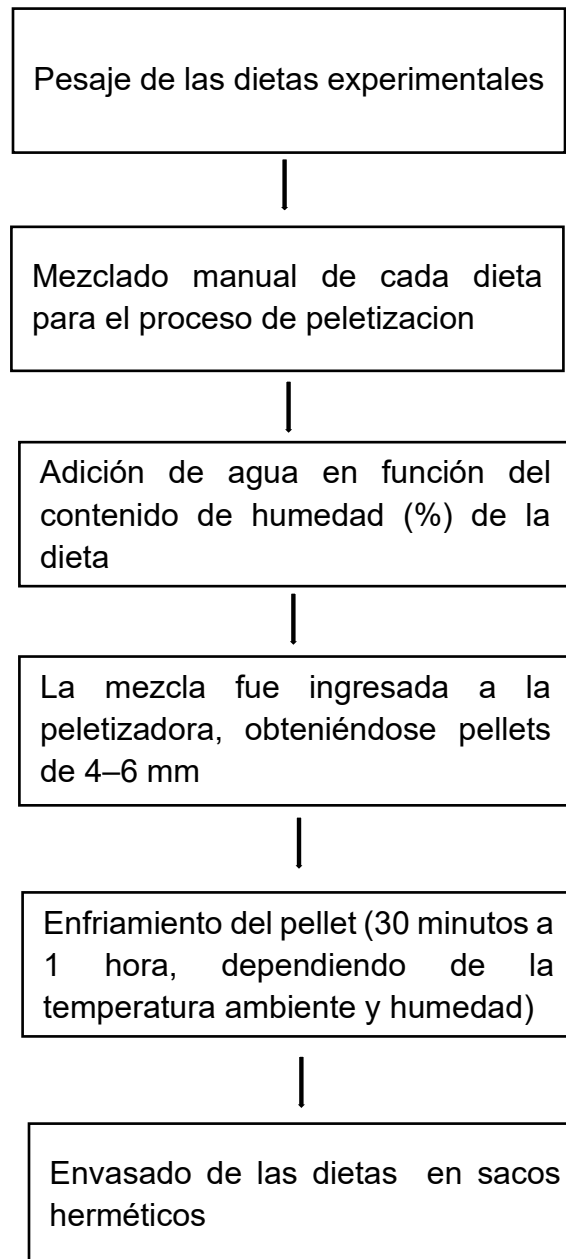


Tabla 6. Insumos en la formulación de dietas experimentales (base fresca)

Insumos	Dieta Basal (B)	B + 30% HHM	B + 70% HHM	B + 30% HHP	B + 70% HHP
Maíz molido	2,00	1,40	0,60	1,40	0,60
Cebada molida	6,20	4,35	1,86	4,35	1,86
Alfalfa molida	2,48	1,74	0,74	1,74	0,74
Torta de soya	2,34	1,64	0,70	1,64	0,70
Afrecho trigo	6,46	4,52	1,94	4,52	1,94
Aceite	0,07	0,05	0,02	0,05	0,02
Carbonato de Calcio	0,18	0,13	0,05	0,13	0,05
Fosfato dicálcico	0,16	0,12	0,05	0,12	0,05
Sal	0,05	0,04	0,01	0,04	0,01
DI-Metionina	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Lisina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonato de sodio	0,03	0,02	0,01	0,02	0,01
Premix	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Hoja de morera	—	6,00	14,00	—	—
Hoja de pisonay	—	—	—	6,00	14,00
TOTAL	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0

Tabla 7. Composición química de las dietas experimentales (base seca)

Nutriente (%)	T1	T2	T3	T4	T5
Proteína	16.28	18.23	20.69	19.59	23.01
Grasa	3.18	3.56	3.86	3.48	3.26
Fibra cruda	9.72	10.02	10.53	13.62	18.69
FDN	23.52	22.22	20.94	28.40	33.20
FDA	12.58	12.84	14.39	20.15	28.42
Ceniza	5.31	8.10	10.23	7.06	6.75

Leyenda: T1: 100 % dieta basal (DB), T2: 70 % dieta basal (DB) + 30 % harina de hoja de morera (HHM), T3: 30 % dieta basal (DB) +70 % harina de hoja de morera (HHM), T4: 70 % dieta basal (DB)+ 30 % harina de hoja de pisonay (HHP), T5: 30 % dieta basal (DB) + 70 % harina de hoja de pisonay (HHP), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA)

Fuente: Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos (2024)

4.3.7. ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se desarrolló en dos etapas principales: etapa pre-experimental y etapa experimental.

4.3.7.1. ETAPA PRE-EXPERIMENTAL

El período de adaptación tuvo una duración de siete días, previamente se realizó la limpieza y desinfección del galpón y de las jaulas metabólicas, posteriormente los cuyes fueron instalados en sus respectivas jaulas para adaptarse a las condiciones de manejo y alimentación. Durante los dos primeros días, los animales recibieron únicamente alfalfa, y a partir del tercer día se inició de manera gradual la inclusión de las dietas experimentales reduciendo progresivamente la cantidad de alfalfa. El periodo de adaptación finalizó, cuando los animales presentaron un consumo estable de alimento y comportamiento normal frente a la dieta.

4.3.7.2. ETAPA EXPERIMENTAL

El periodo experimental tuvo una duración de siete días, en el cual se proporcionaron las dietas experimentales y se realizó un control del consumo diario del alimento (pesado del alimento suministrado y pesado del alimento rechazado), colección total de heces del animal en estudio y se monitorearon las condiciones ambientales del espacio experimental.

Asimismo, se realizaron muestreos diarios del alimento ofrecido y se registró el peso vivo de los cuyes tanto al inicio como al término del período experimental.

4.3.8. VARIABLES EVALUADAS

Las variables evaluadas en la presente investigación fueron:

- Consumo de materia seca (MS) y materia orgánica (MO)
- Coeficiente de digestibilidad aparente de la materia seca (MS) y materia orgánica (MO)
- Nivel de fibra cruda de las dietas

4.3.9. SUMINISTRO DE ALIMENTO Y AGUA

Se aplicó un sistema de alimentación *ad-libitum*, basado en el suministro de dietas balanceadas que se ofreció en el horario a las 7:00 horas de la mañana de manera uniforme a todas las unidades experimentales, realizando registro diario de alimento ofrecido y alimento rechazado. Asimismo, se proporcionó el agua de bebida de manera *ad-libitum* con la adición de la vitamina C mediante los bebederos automáticos tipo chupón.

4.3.10. OBTENCIÓN DE MUESTRAS

Para la colecta de heces se llevó a cabo diariamente antes de ofrecer el alimento, durante los siete días del período experimental, empleando los materiales y equipos apropiados. Una vez recolectadas, las muestras de heces fueron colocadas en recipientes de plástico para realizar la limpieza de manera cuidadosa con pinza y cepillo para eliminar residuos de alimento, pelo, piel o cualquier otro material que pudiera interferir con su análisis químico. Finalmente, se pesaron de inmediato y se almacenaron en bolsas de papel kraft, debidamente etiquetadas para asegurar su correcta identificación y conservación.

4.3.11. SECADO Y MOLIENDA DE MUESTRAS

Las muestras diarias de heces y del alimento fueron sometidas a un proceso de secado con el fin de eliminar la humedad y asegurar la homogeneidad de las muestras antes del análisis. Este procedimiento se realizó en una estufa de convección forzada a una temperatura constante de 60 °C durante 48 horas, lo que permitió la completa eliminación de la humedad sin alterar la composición química de los nutrientes.

Una vez que las muestras se encontraban completamente secas, se procedió a limpiar las impurezas visibles, como restos de pelo de los cuyes. Luego, se realizó la molienda en un molino de cuchillas hasta obtener un tamaño de partícula fino y homogéneo, requisito fundamental para garantizar la precisión de los análisis posteriores. Las muestras procesadas se colocaron en bolsas herméticas, debidamente etiquetadas, y se conservaron en un ambiente adecuado para evitar tanto la

contaminación como la absorción de humedad.

4.3.12. DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICO NUTRICIONAL

Para determinar la composición química y nutricional de los insumos experimentales (harina de hojas de morera y de pisonay) así como de las dietas evaluadas, se empleó un espectrómetro de infrarrojo cercano (NIRS). Este equipo permite realizar evaluaciones rápidas, no destructivas y de alta precisión, brindando resultados confiables y uniformes sobre el perfil nutricional de los insumos analizados.

4.3.13. DETERMINACIÓN DE MATERIA SECA

Para determinar el contenido de materia seca (MS) en las muestras de heces, insumos y dietas experimentales, se utilizó el método gravimétrico, el cual se fundamenta en la pérdida de peso causada por la eliminación de la humedad durante el secado. Cada muestra fue inicialmente pesada en una balanza analítica de alta precisión. Posteriormente, se sometieron a una estufa de convección forzada a 135 °C por un periodo de 2 horas, siguiendo las especificaciones del método 930.15 de la AOAC (2005). Una vez concluido el secado, se registró el peso final de las muestras, y el contenido de materia seca se calculó a partir de la diferencia entre el peso inicial y el peso final.

4.3.14. DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA

Para determinar el contenido de materia orgánica (MO) de las muestras de heces, insumos y dietas experimentales, se empleó el método de incineración en mufla, el cual consiste en la eliminación completa de la materia orgánica mediante combustión. Las muestras previamente secadas y pesadas fueron colocadas en muflas eléctricas a 600 °C durante dos horas, siguiendo las indicaciones del método 942.05 de la AOAC (2005). Una vez finalizada la incineración, se registró el peso de las cenizas obtenidas y el contenido de materia orgánica se calculó restando este peso del valor inicial correspondiente a la materia seca. Este procedimiento garantiza la oxidación total de la materia orgánica, permitiendo una cuantificación precisa de este componente en los insumos analizados.

4.3.15. DETERMINACIÓN DE COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD

La determinación del coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) se realizó considerando el 100 % de materia seca. Para ello, se empleó el método directo, el cual calcula la digestibilidad a partir de la diferencia entre el nutriente ingerido y el nutriente excretado, este procedimiento ha sido descrito por Stein *et al.* (2007), quienes expresan como:

$$\text{Coef.Dig.Ap.(\%)} = [(\text{Nutriente ingerido (g)} - \text{Nutriente de las heces(g)}) / \text{Nutriente Ingerido (g)}] * 100$$

La fórmula fue aplicada a todos los tratamientos experimentales con el fin de calcular la digestibilidad aparente de la materia seca y la materia orgánica.

Para calcular el porcentaje de digestibilidad específico de los insumos experimentales (harina de hojas de morera y pisonay) cuando se incluyeron en las dietas en diferentes proporciones (T2: 70 % dieta basal (DB) + 30 % harina de hoja de morera (HHM), T3: 30 % dieta basal (DB) +70 % harina de hoja de morera (HHM), T4: 70 % dieta basal (DB)+ 30 % harina de hoja de pisonay (HHP), T5: 30 % dieta basal (DB) + 70 % harina de hoja de pisonay (HHP), se aplicó la fórmula de digestibilidad por diferencia, según el método propuesto por Villamide (1996), de la siguiente forma:

$$\text{CD} = [100 (\text{E} - \text{B}) / \text{S}] + \text{B}$$

Donde:

- **CD:** Coeficiente de digestibilidad del insumo en estudio.
- **E:** Coeficiente de digestibilidad de la dieta experimental (mezcla).
- **B:** Coeficiente de digestibilidad de la dieta base.
- **S:** Porcentaje de inclusión del insumo en estudio dentro de la dieta.

4.3.16. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las variables de consumo y digestibilidad se analizaron bajo un diseño

completamente al azar (DCA) compuesto por cinco tratamientos con seis repeticiones. Las unidades experimentales fueron asignadas aleatoriamente, garantizando el principio de aleatorización requerido para la validez del experimento. Se realizaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, se empleó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos. Para comparar los promedios de los distintos tratamientos, se utilizó la prueba de Tukey para la comparación de medias, estableciendo un nivel de confianza del 95%.

Para llevar a cabo este análisis, se utilizó el software estadístico MINITAB, versión 20 2. 0, aplicando el modelo estadístico que se expresa de la siguiente.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}.$$

Donde:

- **Y_{ij}**: observación de la variable respuesta en la j-ésima unidad experimental del i-ésimo tratamiento
- **μ**: Media general del experimento.
- **T_i**: Efecto del i-ésimo tratamiento.
- **E_{ij}**: Error experimental en la unidad j del tratamiento i.

Para establecer la relación entre el nivel fibra cruda en la dieta y el consumo de materia seca, se empleó un análisis de regresión lineal simple bajo el siguiente modelo:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$$

Donde:

- **Y**: consumo de materia seca (MS)
- **X**: Nivel de fibra cruda (FC)
- β_0 : Intercepto
- β_1 : Coeficiente de regresión asociado a la fibra cruda
- ϵ : Efecto del error aleatorio

Dado que los valores de consumo de la materia seca (MS) y materia orgánica (MO) se expresan en forma porcentual, se realizó una transformación arcoseno para satisfacer los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, indispensables para la correcta aplicación del análisis de varianza (ANOVA). Los datos en porcentaje suelen presentar distribuciones que se desvían de la normalidad, lo que puede comprometer la validez del análisis estadístico. Al aplicar esta transformación, se logró estabilizar la varianza y aproximar la distribución de los datos a una forma más cercana a la normal, permitiendo así el uso adecuado de pruebas paramétricas.

La transformación de porcentajes a arcoseno se llevó a cabo mediante la siguiente ecuación utilizada por (Sanchez, 2022).

$$X' = \text{Arc sin } (\sqrt{X/100})$$

Donde:

- X': valor transformado
- X: porcentaje original

V.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICO NUTRICIONAL

En la tabla 8 se presenta la composición química de los dos insumos destinados para la alimentación de cuyes, los datos se llevaron a cabo siguiendo los procedimientos estándar de laboratorio, los resultados obtenidos para la harina de hojas de morera y pisonay se muestran a continuación.

Tabla 8. Composición química de la harina de hojas de morera y pisonay (base seca)

Nutrientes (%)	Harina de hojas de morera (<i>Morus alba</i>)	Harina de hojas de pisonay (<i>Erythrina sp</i>)
Humedad	11.33 ± 0.07	8.69 ± 0.16
Proteína	17.55 ± 0.36	21.74 ± 0.77
Grasa	3.19 ± 0.04	2.5 ± 0.05
Fibra Cruda	7.85 ± 0.49	24.59 ± 0.80
FDN	30.37 ± 0.53	48.08 ± 0.72
FDA	13.11 ± 0.41	26.75 ± 0.60
Cenizas	9.07 ± 0.16	11.36 ± 0.37
Calcio	0.35 ± 0.01	0.39 ± 0.01
Fósforo	0.36 ± 0.01	0.32 ± 0.01

Leyenda: T1: 100 % dieta basal (DB), T2: 70 % dieta basal (DB) + 30 % harina de hoja de morera (HHM), T3: 30 % dieta basal (DB) +70 % harina de hoja de morera (HHM), T4: 70 % dieta basal (DB)+ 30 % harina de hoja de pisonay (HHP), T5: 30 % dieta basal (DB) + 70 % harina de hoja de pisonay (HHP), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA).

Nota: Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos-UNSAAC (2024)

En cuanto al contenido de proteína, el pisonay (21.74 ± 0.77 %) supera a la morera (17.55 ± 0.36 %). Por otro lado, la morera presenta mayor cantidad de materia grasa (3.19 ± 0.04 %) en comparación con el pisonay (2.5 ± 0.05 %). En cuanto a la fibra cruda, el pisonay (24.59 ± 0.80 %) contiene una cantidad considerablemente mayor que la morera (7.85 ± 0.49 %).

El pisonay también muestra valores superiores en FDN (48.08 ± 0.72 % vs 30.37 ± 0.53 %), FDA (26.74 ± 0.604 % vs 13.11 ± 0.41 %) y cenizas (11.36 ± 0.37 % vs 9.07 ± 0.15 %) respecto a la morera. En cuanto al calcio, el pisonay (0.39 ± 0.01 %) tiene un contenido similar que la morera (0.35 ± 0.01 %). Finalmente, la morera y el pisonay posee similar concentración de fósforo (0.36 ± 0.01 % vs 0.32 ± 0.01 %).

Estos resultados obtenidos son esenciales para entender el valor nutricional de los insumos utilizados en la dieta de los cuyes. Esta información permite ajustar y perfeccionar las formulaciones de las dietas, asegurando que los animales reciban los nutrientes necesarios para su crecimiento y producción eficiente, de este modo optimizar las dietas, que contribuye a la reducción de costos y favorecer la sostenibilidad en la producción.

En el estudio realizado por Huahuarunta (2015), se utilizaron hojas de morera en diferentes estados fenológicos (a los 45 y 60 días de crecimiento), reportando valores superiores de proteína cruda (19.5 % y 23.5 %) a los 45 y 60 días, mientras en el presente estudio el contenido de proteína cruda fue menor. De forma similar la fibra bruta tuvo un rango de 20 % y 49.5 % a los 45 y 60 días frente a 7.86 ± 0.50 % lo que indica un contenido notablemente más bajo, en cuanto a cenizas reporto valores menores (2.6 a 2.75 %) a los 45 y 60 días, mientras que en el presente estudio los valores fueron superiores (9.07 ± 0.16 %).

Las diferencias observadas en los valores reportados se deben al estado fenológico, la edad de rebrote de las plantas y las condiciones ambientales. Los valores más bajos de proteína y fibra en el presente estudio probablemente se deben a que las hojas de las moreras evaluadas estaban en un estado de crecimiento más temprano, mientras que las muestras utilizadas por Huahuarunta (2015), provienen de plantas más maduras, que tienden a tener mayores concentraciones de nutrientes.

Por otro lado, Hurtado *et al.*, (2012) en su estudio de valor nutricional de una variedad de morera (*Morus sp.*) en la alimentación de cuyes, reporto un contenido de proteína de 18.1 %, valor similar al resultado obtenido, así como el contenido de fibra

bruta 24.3 % notablemente superior, sin embargo, Villanueva (2016), mostró valores superiores de proteína (22.8 %) y fibra cruda (33.02 %). Estas diferencias pueden atribuirse a la variabilidad natural en la composición nutricional de los forrajes, la cual está influenciada principalmente por la variedad utilizada, el estado de madurez de las hojas al momento del corte y las condiciones ambientales en las que se desarrolló la planta

Estos valores reportados por Villegas (2017) para morera (*Morus alba*) mostró menor contenido de proteína (10.67 %), y mayor contenido en fibra cruda (18.35 %), grasa (3.51 %), cenizas (13.71 %), FDN (38 %) y FDA (28 %), en comparación con el presente estudio, estas diferencias pueden explicarse por varios factores, como el estado fenológico de la planta, la variedad y las condiciones del cultivo. En este caso, es probable que las hojas evaluadas por Villegas (2017), hayan estado en un estado de madurez más avanzado, lo cual conlleva a una pérdida de nutrientes como la proteína y un aumento en los componentes estructurales como la fibra.

Respecto al pisonay, Felix (2021) reporta que la composición nutricional de la harina de pisonay (*Erythrina sp*) es similar a los valores obtenidos en este estudio, el contenido de proteína (20.0 % frente a 21.74 ± 0.77 %), el contenido de fibra cruda (24.3 a 25.1 % frente al 24.59 ± 0.80 %) en cuanto a FDN y FDA el contenido es: 46.0 % frente al 48.08 ± 0.72 % y 27.8 % frente al 26.75 ± 0.60 % respectivamente.

Cárdenas (2022), en su estudio sobre el valor nutricional del pisonay (*Erythrina edulis*) para cuyes, observo valores similares al presente estudio, el contenido de proteína cruda fue 22.0 % a los 4 y 8 meses de edad de rebrote y de 20.7 % a los 12 meses de edad de rebrote comparado con el 21.74 % obtenido en este estudio, en cuanto a fibra cruda mostro valores ligeramente inferiores (21.8 a 28.0 %) frente al 24.59 %, la fibra detergente neutra (FDN) también fue menor (45.2 a 47.7 %) en relación al 48.08, el contenido de la fibra de detergente acida (FDA) fue bastante similar con valores entre 28.2 a 30.7 % en rebrotes tempranos y 26.5 a 29.7 % a los 12 meses frente al 26.75 % del presente estudio. Sin embargo, Villanueva (2016), encontró valores más altos de proteína bruta (27.35 %) y fibra cruda (43.47 %) en comparación con los valores

encontrados, lo que podría estar relacionado con las diferencias en el estado de madurez de las plantas utilizadas en ambos estudios. A medida que las plantas de pisonay maduran el contenido nutricional tiende a disminuir, lo que influye directamente tanto en la calidad y cantidad de los nutrientes y también tiene que ver con la variedad de la planta.

5.2. CONSUMO DE MATERIA SECA Y MATERIA ORGÁNICA DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES

La tabla 9 muestra el consumo de materia seca (MS) y materia orgánica (MO) en cuyes alimentados con diferentes proporciones de harina de hojas de morera (HHM) y pisonay (HHP) en su dieta. Se observan diferencias estadísticas significativas para el consumo de MS (g/día/cuy) ($p < 0.05$) (Anexo 4), de manera similar, también se encuentran diferencias estadísticas significativas para consumo de MO (g/día/cuy) ($p < 0.05$) (Anexo 6), así como para el consumo de MS y MO (% PV cuy) ($p < 0.05$) (Anexo 5 y 7).

En cuanto al consumo de MS (g/día/cuy), se observaron diferencias estadísticas significativas, destacando que los valores más altos de consumo se registraron en los tratamientos con 30 y 70 % de inclusión de harina de hojas de pisonay (HHP) en la dieta (T4 y T5) (T4: 65.86 ± 9.93 g/día y T5: 65.22 ± 6.72 g/día), los tratamientos con inclusión de morera (T2 y T3) y sin inclusión de los insumos experimentales (T1) presentaron menor consumo (T1: 54.35 ± 5.48 g/día, T2: 57.56 ± 3.62 g/día y T3: 57.09 ± 6.79 g/día).

Tabla 9. Consumo de materia seca y materia orgánica de las dietas experimentales en cuyes en base seca.

Componente	Tratamiento	Materia Seca (MS)	Materia Orgánica (MO)
Consumo (g/día/cuy)	T1	54.35 ± 5.48 ^C	50.75 ± 5.12 ^{AB}
	T2	57.56 ± 3.62 ^{BC}	52.45 ± 3.29 ^{AB}
	T3	57.09 ± 6.79 ^C	50.03 ± 5.96 ^B
	T4	65.86 ± 9.93 ^A	60.67 ± 9.15 ^A
	T5	65.22 ± 6.72 ^{AB}	59.61 ± 6.14 ^{AB}
Consumo (% PV cuy)	T1	6.08 ± 0.51 ^C	5.68 ± 0.47 ^C
	T2	6.33 ± 0.28 ^{BC}	5.77 ± 0.26 ^C
	T3	6.48 ± 0.42 ^{BC}	5.68 ± 0.37 ^{BC}
	T4	7.27 ± 0.98 ^{AB}	6.69 ± 0.91 ^{AB}
	T5	7.98 ± 0.58 ^A	7.29 ± 0.53 ^A
Valor de p	Consumo (g/día/cuy)	0.040	0.013
	Consumo (% PV cuy)	0.05	0.000

Leyenda: T1: 100 % dieta basal (DB), T2: 70 % dieta basal (DB) + 30 % harina de hoja de morera (HHM), T3: 30 % dieta basal (DB) +70 % harina de hoja de morera (HHM), T4: 70 % dieta basal (DB)+ 30 % harina de hoja de pisonay (HHP), T5: 30 % dieta basal (DB) + 70 % harina de hoja de pisonay (HHP), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA).

Se aplicó el análisis de regresión lineal simple con el fin de evaluar la relación entre el consumo de materia seca (MS) en cuyes y el contenido de fibra cruda presente en la dieta. En los resultados evidencia que existe una relación positiva y estadísticamente significativa entre ambas variables.

La ecuación de regresión obtenida fue:

$$\text{CONSUMO MS BS TOTAL, g} = 45.52 + 1.158 \times \text{Fibra cruda}$$

Esta ecuación muestra que por cada aumento de 1% en el nivel de fibra cruda en la dieta, el consumo de materia seca por parte de los cuyes se incrementa en 1.061

gramos.

Tabla 10. Regresión lineal simple entre el consumo de materia seca (MS) en cuyes y el nivel de fibra cruda en la dieta

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	45.52	4.86	9.37	0.000	
FIBRA CRUDA	1.158	0.375	3.09	0.004	1.00

El valor p para el coeficiente de la fibra cruda fue de 0.004. Dado que este valor es inferior al nivel de significancia de 0.05, se concluye que la relación entre el nivel de fibra y el consumo es estadísticamente significativa.

Tabla 11. Resumen del modelo de regresión lineal simple entre el consumo de materia seca (MS) en cuyes y el nivel de fibra cruda en la dieta

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
6.95003	25.44%	22.77%	14.88%

Además, el coeficiente de determinación (R-cuadrado) del modelo es de 25.44%. Esto indica que el nivel de fibra cruda en la dieta explica aproximadamente el 22.77% de la variabilidad observada en el consumo de materia seca de los cuyes. Aunque la relación es significativa, el valor de R-cuadrado sugiere que otros factores no incluidos en este modelo también influyen en el consumo de alimento.

Con relación al consumo de MS expresado en porcentaje de peso vivo de los animales (% PV/Cuy), se observa diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$), se reporta que el T5 (7.98 ± 0.58 %) y el T4 (7.27 ± 0.98 %) son los que mejor consumo presentaron frente a los demás tratamientos (T3: 6.48 ± 0.42 %, T2: 6.33 ± 0.28 % y T1: 6.08 ± 0.51 %).

Respecto al consumo de MO (g/día/cuy), se evidencian diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$), el tratamiento T4 con inclusión del 30 % de harina de pisonay presentó el mayor consumo (60.67 ± 9.15 g/día), seguido por el tratamiento T5 (70 % de inclusión), con un consumo de 59.61 ± 6.14 g/día, en contraste el tratamiento T3 (70 %

harina de hoja de morera) mostró el menor consumo de materia orgánica con un valor de 50.03 ± 5.96 g/día.

Con relación al consumo de materia orgánica (MO) expresado en porcentaje del peso vivo del cuy (% PV/cuy), se observan diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$), los tratamientos T5 (7.29 ± 0.53 %) y T4 (6.69 ± 0.91 %) presentaron los valores más altos de consumo, superando significativamente a los demás tratamientos (T1: 5.68 ± 0.47 %, T2: 5.77 ± 0.26 %, T3: 5.68 ± 0.37 %).

El mayor consumo de alimento reportado en los tratamientos con inclusión de pisonay se debe a que las hojas de pisonay tienden a ser más ricas en proteínas que las hojas de morera, las proteínas son esenciales para el crecimiento y mantenimiento de los animales, por lo que, si una planta tiene más proteínas, los animales tienden a consumir más, además el pisonay tiene más minerales y vitaminas solubles que favorecen su consumo reportado por Cárdenas-Villanueva *et al.*, (2021). Asimismo se evidencia que el contenido de fibra se aumenta en las dietas con la inclusión de ambos insumos evaluados, esta condición podría haber influido en un mayor consumo de alimento en aquellas dietas con mayor nivel de fibra, lo cual coincide con observaciones realizadas en estudios previos, lo que implica que existe un mecanismo de regulación de la ingesta en función a la demanda de energía de los cuyes.

En referencia al pisonay, los resultados obtenidos en el presente estudio son superiores (65.86 ± 9.93 g/día de MS) a lo reportado por Cárdenas-Villanueva *et al.*, (2021), quienes al incorporar la inclusión de harina de pisonay al 30 % en diferentes edades de rebrote de 4, 8 y 12 meses, obtuvieron consumos de 57.9 g/día de MS a los 4 meses, 54.0 g/día de MS a los 8 meses y 61.9 g/día de MS a los 12 meses. Este hallazgo sugiere que el consumo de pisonay está relacionado con factores como la madurez de las hojas (contenido de fibra) y las variedades de la especie en ambos estudios.

Respecto al consumo de morera, en el presente estudio se encontró que los valores de consumo de materia seca (MS) fueron inferiores (57.56 ± 3.62 y 57.09 ± 6.79 g/día de MS) a lo reportado por Villegas (2017), quien observó consumos de 59.21 g/día

de MS y 68.28 g/día de MS en cuyes alimentados con dietas que incluían un 20 % y 30 % de harina de morera respectivamente. Esta diferencia podría atribuirse a la forma de presentación del alimento. En el estudio de Villegas (2017), se utilizó forraje de morera más el alimento concentrado, mientras en el presente estudio se empleó harina de hoja de morera, por lo tanto; los animales tienden a preferir el consumo de forraje debido a su palatabilidad y contenido de humedad. Por otro lado, los valores obtenidos en el presente trabajo son similares a lo registrado por Apraez-Guerrero *et al.*, (2008) en cuyes alimentados con morera más alimento concentrado (57.31 g/día de MS), lo que sugiere que la dieta mixta podría haber favorecido una respuesta de consumo más constante.

Hidalgo-Lozano y Zeballos-Delgado (2024), en su investigación sobre el uso de forraje de morera (*Morus alba* L.) y maíz chala (*Zea mays* L.) en la alimentación de cuyes en etapa de crecimiento, reportan valores de consumo de materia seca de 39.9 ± 2.98 g/día para morera más concentrado y 37.3 ± 3.01 g/día para maíz chala más concentrado. Estos valores resultan considerablemente inferiores a los obtenidos en el presente estudio, donde se registró un consumo de valores de 57.56 ± 3.62 g/día para morera y 65.86 ± 9.93 g/día para pisonay respectivamente. Esta diferencia podría estar relacionado a factores que influyen en el consumo voluntario de los cuyes, como la calidad nutricional del forraje, la palatabilidad, el contenido de fibra y el nivel de inclusión del concentrado.

5.3. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD APARENTE DE MATERIA SECA Y MATERIA ORGÁNICA DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES

La tabla 12 muestra los coeficientes de digestibilidad aparente de materia seca (CDMS) y materia orgánica (CDMO) en cuyes alimentados con dietas con diferentes proporciones de harina de hojas de morera (HHM) y pisonay (HHP). De acuerdo al análisis de varianza y prueba de tukey se encontró que existen diferencias significativas en los coeficientes de digestibilidad de materia seca (MS) y materia orgánica (MO) entre los diferentes tratamientos ($p < 0.05$) (Anexo 11 y 12).

Se observa que el tratamiento T1 (100% dieta basal) presenta los mayores valores

de digestibilidad de MS ($75.09 \pm 1.43 \%$) y MO ($76.33 \pm 1.28 \%$). Por otro lado, con la harina de hojas de morera (HHM) con 30 % y 70 % de inclusión mostraron una digestibilidad intermedia, T2: CDMS ($72.33 \pm 1.41 \%$) y CDMO ($73.62 \pm 1.41\%$) y el T3: CDMS ($70.15 \pm 1.19 \%$) y CDMO ($73.62 \pm 1.41 \%$) seguido con 30 % de inclusión de hojas de harina de pisonay (T4) resultando el CDMS: $61.95 \pm 1.05 \%$ y el CDMO: $62.77 \pm 1.09 \%$, finalmente el tratamiento con menor digestibilidad fue el T5 (70 % de inclusión de hojas de harina de pisonay) con CDMS: $46.03 \pm 2.29 \%$ y CDMO: $46.30 \pm 2.23 \%$.

Tabla 12. Coeficiente de digestibilidad aparente de materia seca y materia orgánica de las dietas experimentales

Componente	Tratamiento	Materia Seca (MS)	Materia Orgánica (MO)
Heces Excretadas (g)	T1	13.52 ± 1.96 ^C	11.99 ± 1.69 ^C
	T2	15.90 ± 1.40 ^C	13.81 ± 1.26 ^C
	T3	16.99 ± 2.20 ^C	13.92 ± 1.8 ^C
	T4	24.99 ± 4.18 ^B	22.52 ± 3.79 ^B
	T5	35.00 ± 4.23 ^A	31.82 ± 3.8 ^A
Fracción Digerida (g)	T1	40.83 ± 3.64 ^A	38.76 ± 3.53 ^A
	T2	41.66 ± 2.58 ^A	38.63 ± 2.37 ^A
	T3	40.11 ± 4.75 ^A	36.11 ± 4.28 ^A
	T4	40.87 ± 5.84 ^A	38.15 ± 5.44 ^A
	T5	30.23 ± 3.07 ^B	27.79 ± 2.86 ^B
Coeficiente de Digestibilidad (%)	T1	75.09 ± 1.43 ^A	76.33 ± 1.28 ^A
	T2	72.33 ± 1.41 ^B	73.62 ± 1.41 ^B
	T3	70.15 ± 1.19 ^B	72.11 ± 1.09 ^B
	T4	61.95 ± 1.05 ^C	62.77 ± 1.09 ^C
	T5	46.03 ± 2.29 ^D	46.29 ± 2.23 ^D
Valor de p	Excretado	0.001	0.001
	Fracción digerida	0.001	0.001
	Coeficiente de Digestibilidad	0.001	0.001

Leyenda: T1: 100 % dieta basal (DB), T2: 70 % dieta basal (DB) + 30 % harina de hoja de morera (HHM), T3: 30 % dieta basal (DB) +70 % harina de hoja de morera (HHM), T4: 70 % dieta basal (DB)+ 30 % harina de hoja de pisonay (HHP), T5: 30 % dieta basal (DB) + 70 % harina de hoja de pisonay (HHP), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA)

Las diferencias observadas en los coeficientes de digestibilidad entre los tratamientos podrían explicarse por el mayor nivel de inclusión de morera y pisonay en la dieta base (100 y 70 %), lo cual probablemente incremento la aceptabilidad y el aprovechamiento del alimento por parte de los animales. La dieta basal estaba compuesta por insumos capaces de cubrir adecuadamente los requerimientos nutricionales de los cuyes, generando un entorno más equilibrado y adecuado para la digestión de los insumos experimentales. Este contexto nutricional favoreció los procesos de digestión y absorción en las dietas que incorporaron harina de morera en proporciones de 30 % y 70 %. En contraste, cuando se empleó harina de hojas de pisonay en las mismas proporciones (30 % y 70 %), los cuyes estuvieron expuestos a las características propias de este insumo, las cuales incluyen no solo un mayor contenido de fibra, sino también la presencia de compuestos antinutricionales. Según Ramos-Zuñiga y Cárdenas-Villanueva (2023), el pisonay contiene alcaloides, taninos, flavonoides y saponinas, metabolitos secundarios que pueden interferir en la utilización de los nutrientes. En ese sentido, la menor digestibilidad observada podría estar asociada tanto a su composición química como a la acción de estos compuestos, que limitan el aprovechamiento digestivo en los animales

Ajustar las proporciones de inclusión y la formulación adecuada de las dietas son elementos cruciales para mejorar la digestibilidad y el rendimiento de los insumos en la alimentación de cuyes. Este proceso implica equilibrar cuidadosamente los ingredientes con el fin de garantizar que los animales reciban una cantidad adecuada de nutrientes, sin que produzca pérdidas innecesarias por una mala digestión o aprovechamiento ineficaz de los recursos alimenticios.

Los resultados del presente estudio son superiores a lo reportado por Villegas (2017), quien en su estudio para determinar la digestibilidad *in vivo* de la morera con diferentes proporciones de concentrado comercial en cuyes, reportó la digestibilidad para materia seca de 53.59 y 62 %, con proporciones de 10 y 20 % de concentrado, los datos indican una mejora en la digestibilidad a medida que se incrementa la proporción de concentrado en la dieta, sin embargo, cuando se utilizó una dieta basada al 100 % en morera, se observó una disminución en la digestibilidad, lo que sugiere que el aporte de nutrientes del concentrado es determinante para mejorar la eficiencia digestiva en los cuyes.

Así también, a lo reportado por Nieves *et al.*, (2006), quienes encontraron valores inferiores de 62.55 ± 13.51 % de digestibilidad de materia seca y 64.19 ± 13.14 % de digestibilidad de materia orgánica con una proporción de 30 % de morera, estas diferencias pueden influir por factores, como la variabilidad genética de los cuyes, estado fenológico y altitud donde se cosecho la planta, o incluso el estado fisiológico de los animales.

5.4. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD APARENTE DE MATERIA SECA Y MATERIA ORGÁNICA DE LA HARINA DE HOJAS DE MORERA Y PISONAY

La tabla 13 muestra los coeficientes de digestibilidad aparente de la materia seca y materia orgánica de los insumos experimentales de la harina de las hojas de morera (*Morus alba*) y pisonay (*Erythrina sp*) obtenidos a través del método de digestibilidad por diferencia.

El valor de coeficiente de digestibilidad de la materia seca y materia orgánica de la harina de hoja de morera fue 67.56 ± 2.36 % y 69.37 ± 2.96 % respectivamente, dichos valores son superiores al de la harina de hoja de pisonay: 41.00 ± 2.53 % para materia seca y 40.11 ± 1.23 % para materia orgánica. Estos resultados confirman que la morera es una fuente más digerible en comparación con el pisonay. Su alta digestibilidad la convierte en una opción favorable para la alimentación animal.

Tabla 13. Coeficiente de digestibilidad aparente de materia seca y materia orgánica de la harina de hojas de Morera (*Morus alba*) y Pisonay (*Erythrina sp*)

Ingrediente	Digestibilidad MS (%)	Digestibilidad MO (%)
Morera	67.56 ± 2.36	69.37 ± 2.96
Pisonay	41.00 ± 2.53	40.11 ± 1.23

Delgado (2019) encontró un valor de DMS (digestibilidad de materia seca) para la morera de 70.90 % siendo superior a lo hallado en el presente estudio (67.56 ± 2.36 %); en el caso del pisonay, Cárdenas (2022) reportó CDMS a los 4 meses de rebrote: 50.1 %, a los 8 meses: 49.1 %, y a los 12 meses descendió a 45.8 %, observando que la DMS

del pisonay disminuye con el tiempo, dependiendo de la edad de rebrote, estos valores son superiores a lo hallado en el estudio (41.00 ± 2.53 %).

Es relevante destacar que Villanueva (2016) reportó valores de digestibilidad superiores para ambos insumos evaluados de hojas de morera y hojas de pisonay, con un 76.64 % para morera y 62.05 % para pisonay en comparación con los resultados obtenidos en este estudio. Por otro lado, Enrique (2017), reportó un valor inferior de 52.9 % para DMS de morera. Las diferencias pueden atribuirse a los factores como el estado fenológico de la planta, contenido de la fibra, los cuales podrían influir directamente en la eficiencia del aprovechamiento de los nutrientes por parte del animal.

Por otro lado, Hurtado *et al.*, (2012), reportaron valores superiores de coeficientes de digestibilidad aparente para la morera, alcanzando el 73.5 % para la materia seca. Esta discrepancia puede estar relacionada con la calidad de los forrajes utilizados, el manejo de los animales o las condiciones climáticas durante el experimento. Es posible que las condiciones bajo las cuales se realizó el estudio de Hurtado *et al.*, (2012), hayan favorecido una mayor digestibilidad de la morera, como el tipo de suelo, la madurez de la planta al momento de la cosecha, o el procesamiento del forraje.

Meza *et al.*, (2014), encontró que los valores de coeficientes de digestibilidad in vivo para la morera fueron de 55.93 % para la materia seca y 59.56 % para la materia orgánica. Así también en el pisonay, observaron valores de 41.37 % para la materia seca y 36.42 % para la materia orgánica, es importante destacar que estos resultados son inferiores a los encontrados en el presente estudio.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se puede concluir que:

1. La morera presenta contenido de proteína (17.55 ± 0.36 %) y fibra cruda (7.85 ± 0.49 %). Así también el pisonay, presenta alto contenido de proteína (21.74 ± 0.77 %) y mayor contenido de fibra cruda (24.59 ± 0.80 %).
2. El consumo de alimento no se vio afectado con la inclusión de la harina de las hojas de morera (*Morus alba*) y pisonay (*Erythrina sp*) con rangos de consumo de materia seca entre 54.35 ± 5.48 y 65.86 ± 9.93 g/día respectivamente. Sin embargo, el consumo de materia orgánica si se vio influenciado por inclusión de la harina de las hojas de morera (*Morus alba*) y pisonay (*Erythrina sp*) siendo mayor en el tratamiento T4 (70 % dieta basal + 30 % harina de hoja de pisonay) (60.67 ± 9.15 g/día), en contraste, con el T3 (30 % basal + 70 % harina de hoja de morera) el cual presentó el consumo más bajo (50.03 ± 5.96 g/día).
3. Los coeficientes de digestibilidad aparente de la materia seca y materia orgánica evidenciaron diferencias entre los tratamientos evaluados, observándose que la dieta basal (T1) presentó los valores más altos de digestibilidad (75.09 ± 1.43 % para MS y 76.33 ± 1.28 % para MO), seguida por la dieta con inclusión del 30 % de harina de hoja de morera (T2), que mostró valores intermedios de digestibilidad. En contraste, la dieta con mayor nivel de inclusión de harina de hoja de pisonay (T5) presentó los valores más bajos de digestibilidad. Asimismo, al estimar la digestibilidad específica de los insumos experimentales, la harina de hoja de morera mostró mayor aprovechamiento digestivo que la harina de hoja de pisonay, confirmando su mejor potencial nutricional en la alimentación de cuyes.

6.2. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos en esta investigación, se sugiere lo siguiente:

1. Utilizar la harina de hojas de morera y pisonay como una alternativa o reemplazo parcial de fuentes proteicas en la formulación de dietas para cuyes, considerando su adecuado contenido de proteína cruda
2. Basada en la digestibilidad se sugiere incluir la harina de hojas de morera hasta un 70 % en la dieta de cuyes, mientras que la harina de las hojas de pisonay se recomienda incluirla hasta un 30 % a fin de no afectar negativamente la digestibilidad del alimento.
3. Realizar estudios similares en cuyes teniendo en cuenta sus diferentes etapas fisiológicas, debido a que los requerimientos nutricionales varían en cada fase productiva.
4. Se sugiere realizar evaluaciones de digestibilidad de las demás fracciones químicas (proteína, fibra y grasa) de la harina de las hojas de morera y pisonay.
5. Desarrollar ensayos de alimentación utilizando las proporciones de inclusión sugeridas por el estudio, con el fin de evaluar la respuesta productiva en los cuyes.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

7. BIBLIOGRAFIA

- Cárdenas-Villanueva, L., & Ramos-Zuñiga, R. (2023). Perfil bioquímico hepático en cuyes alimentados con harina de pisonay (*Erythrina edulis*). *Revista MVZ Córdoba, 28(1)*.
- Castro Ramírez, A., & Orozco Barrantes, E. (2010). *Cultivo de morera (Morus spp) y su alimentacion en animales*. San José, Costa Rica: Instituto Nacional de Innovacion y Transferencia en Tecnologia Agropecuaria.
- Hurtado, D. I., Nocua, S., Narváez, W., & Vargas, J. (2012). Valor nutricional de la morera (*Morus sp.*), matarratón (*Gliricidia sepium*), pasto india (*Panicum máximum*) y arboloco (*Montanoa quadrangularis*) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*). *evista Veterinaria Y Zootecnia (On Line), 6(1), 56–65*.
<https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/vetzootec/article/view/4426>
- Martin, G., Noda, Y., Pentón, G., Garcia, D., Garcia, F., Gonzalez, E., Ojeda, F., Milera, M., López, O., Ly, J., Leiva, L., & Arece, J. (30 de Diciembre de 2007). La morera (*Morus alba*, Linn.): una especie de interés para la alimntacion animal. *Pastos y Forrajes, 30, 1-1*.
- Quiñonez González, C. L. (2020). *"Niveles de Inclusión de Morera (Morus alba) en el Engorde de Cuyes Sexados (Cavia porcellus Linnaeus)"*. Universidad Tecnica Estatal de Quevedo, Mocache, Los Rios, Ecuador.
- Usca Méndez, J. E., Flores Mancheno, L. G., Tello Flores, L. A., & Navarro Ojeda, M. N. (2022). *Manejo general en la cría del cuy*. Escuela Superior Politecnica de Chimporazo, Ecuador.
- Villegas González, D. E. (2017). *Digestibilidad In vivo de morera (Morus alba), con*

- diferentes niveles de concentrado en curies (Cavia Porcellus)*. Universidad de los Llanos, Colombia.
- A.O.A.C. (2005). *Official method of Analysis. 18th Edition, Association of Officiating Analytical Chemists*. Washington DC.
- Aguilar, F. (2019). *Evaluación de la calidad Nutritiva del ensilado de contenido ruminal en bovinos mediante la digestibilidad in vivo en ovinos en San Pedro Canchis - Cusco [Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]*. Repositorio Institucional, Peru. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/4537>
- Alarcon Aldana, N. J. (2015). *Evaluacion de niveles de sustitución de Balanceado comercial con morera (Morus alba, Kamba) a setenta y cinco días de corte en conejos de engorde (oryctolagus cuniculus) Chiquimula, Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Apraez- Guerrero, J., Fernandez-Pamo, L., & Hernández-Gonzales, A. (7 de octubre de 2008). Efecto del empleo de forrajes y alimentos no convencionales sobre el comportamiento productivo, rendimiento en canal y calidad de la carne de cuyes (*Cavia porcellus*). *Veterinaria y Zootecnia*, S29-S29.
- Benavides, J. (1995). *Manejo y Utilizacion de la Morera (Morus alba) como Forraje*. Agroforestería en las Américas, número 07 (1995).
- Bondi, A. A. (1988). *Nutricion Animal*. zaragoza (España): Acribia, S.A.
- Cañas, R. (1995). *Alimentacion y Nutricion Animal* (Segunda ed.). Santiago , Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Cardenas Villanueva, L. A. (2022). *Valoracion nutricional del pisonay (Erythrina edulis) en cuyes (Cavia porcellus)*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

- Cardenas Villanueva, L., Ramos Zuñiga , R., Huaman Gamarra, J., & Ramirez Mena, E. (2021). Efecto de la inclusión de harina de pisonay (*Erythrina edulis*) de tres edades de rebrote sobre las características productivas en cuyes (*Cavia porcellus*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(6).
- Cardona, J., Portillo, P., Carlosama, L., Vargas, J., Avellaneda, Y., Burgos, W., & Patiño, R. (2020). *Importancia de la alimentación en el sistema productivo del cuy*. Mosquera - Colombia: Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA.
- Caycedo, V. A. (2000). *Experiencias investigativas en la producción de cuyes: contribución al desarrollo técnico de la explotación*. Estados Unidos: Pasto-Colombia Univ. De Nariño, 262.
- Chauca de Zaldívar, L. (1997). *producción de cuyes (cavia porcellus)*. la Molina Peru: Instituto nacional de investigación agraria.
- Choque Durand, H., Huaita Patiño, A., Cárdenas Villanueva, L. A., & Ramos Zuñiga, R. (2018). Efecto de la edad de rebrote en la degradación ruminal del pisonay (*Erythrina sp*) en el valle interandino de Abancay. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(2), 189-202.
- Church, D., Pond, W., & Pond, K. (2002). *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Segunda Edición*. México D.F.: Editorial Limusa, S.A.
- Delgado Salinas , M. B. (2019). *Determinacion 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*. Universidad Catolica de Santa Maria, Arequipa, Perú.

- Esquerre, J. A., Valenzuela, & Candela, E. (1974). Digestión microbiana en cuyes criollos de la altura. *Rev Inv Pec (IVITA)*, 3(1), 67-76.
- Felix Collado, I. (2021). "*Composicion Nutrcional de la Harina de Pisonay (Erythrina sp) de Diferente Edad de Rebrote con Perspectivas en la Alimentacion de Animales Monogastricos*". Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac, Abancay, Perú.
- Flores Sanchez, F. (2022). Extraccion de conocimientos de datos de acceso a recursos alimenticios. *Extraccion de conocimientos de Datos de Acceso a Recursos Alimenticios*. Universidad de Politecnica de Madrid, Madrid.
- Harmon, D. (2007). Experimental approaches to study the nutritional value of foods ingredients for dogs and cats. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 251-262.
- Hidalgo Lozano, V., & Zeballos Delgado, L. (2024). Uso de forraje de morera (*Morus alba* L.) y maíz chala (*Zea mays* L.) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus* L.) en crecimiento: Comparación entre una dieta convencional con otra no convencional suplementados con concentrado. *Agroindustrial Science*, 14(3), 247-252.
- Huahuarunta Noriega , J. (2015). *Determinacion del Valor Nutritivo de la Morera (Morus alba) a los 45 y 60 días de Rebrote para su Uso en la Alimentacion Animal*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú.
- Huarco, D. (2012). Determinación de la digestibilidad aparente de la semilla despigmentada de achiote (*Bixa Orellana*) en el cuy (*Cavia Porcellus* I.) INIA - EEA, Anta. *Tesis de pregrado*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú.
- Low, A. (1990). Protein evaluation in pigs and poultry. (D. J. Wiseman, Ed.) 91-114.

- Manrique, K. J. (2020). *Evaluación de dos niveles de energía en el comportamiento productivo de cuyes (Cavia porcellus) de la raza andina [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]*. Repositorio Insitucional, Cajamarca, Perú.
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3960>
- McDonald, Edwards, R., Greenhalgh, J., Morgan, C., Sinclair, L., & Wilkinson, R. (2022). *Animal Nutrition - Seventh Edition*. Pearson.
- Meteoblue. (2024). *Weather Close to you*. www.meteoblue.com.
https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climateobserved/huambutio_per%c3%ba_3939658
- Meza-Bone, G., Sanchez-Laiño, A., Meza-Chica, M., Meza-Bone, C. J., Franco-Suescum, N. G., Avellaneda-Cevallos, J. H., Estupiñan-Veliz, K. A., Barrera-Alvarez, A. E., Cabrera-Verdezoto, R. P., Vera Aviles, D. F., & Liuba-Delfini, G. A. (2012). Digestibilidad in vivo de forrajeras arbustivas tropicales para la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus* Linnaeus), en el litoral ecuatoriano. *Revista Veterinaria Y Zootecnia (On Line)*, 6(2), 8–16.
<https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/vetzootec/article/view/4393>
- National Research Council. (1995). *Nutrient requirements of domestic animals* (Vol. Fourth). Washington, D.C.
- Nieves, D., Araque, H., & Teran, O. (2006). Digestibilidad de nutrientes del follaje de morera (*Morus alba*) en conejos de engorde. *Revista científica*, 16(4), 315-324.
- NRC, N. R. (1995). *Nutrient requirements of the guinea pig*. National Academy Press.
- Ramos, I. (2014). *Crianza, producción y comercialización de cuyes*. Lima, Perú: Macro E.I.R.L.

- Sánchez, M. D. (30 de octubre de 2006). *Morera: un Forraje Excepcional Disponible Mundialmente*. Engormix.
https://www.engormix.com/agricultura/leguminosas/morera-forraje-excepcional-disponible_a26663/
- Sarria, J. (2011). *El cuy crianza tecnificada Manual Técnico en cuyicultura N 1, Oficina académica de extensión y proyección social*. Repositorio Institucional, Lima, Perú.
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/>
- Stein, H., Fuller, M., Moughan, P., Seve, B., Mosenthin, R., Jansman, A., Fernandez, J., & de Lange, C. (2007). Definition of apparent, true, and standardized ileal digestibility of amino acids in pigs. *Livestock science* , 109 (1-3), 282-285.
- Vergara, V. (2008). Avances en Nutrición y Alimentación en cuyes. *Resumen de presentaciones. simposio: avances sobre la produccion de cuyes en el Peru APPA*.
- Villamide, M. J. (1996). Methods of energy evaluation of feed ingredients for rabbit and their accuracy. *Animal Feed Science and Technology*.
- Villanueva Rengifo, B. E. (2016). *Determinación del valor nutritivo y energético de las hojas de morera (Morus alba) y Eritrina (Erythrina sp) para cuyes*. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- Vivas, J., & Carballo, D. (2009). *Especies alternativas: manual de crianza de cobayos (cavia porcellus)*. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria, Centro Nacional de Información y Documentación Agropecuaria.
- Vladimir Gil , S. (2007). *Importancia del cuy y su competitividad en el mercado*. Cusco-Perú.

VIII. ANEXOS

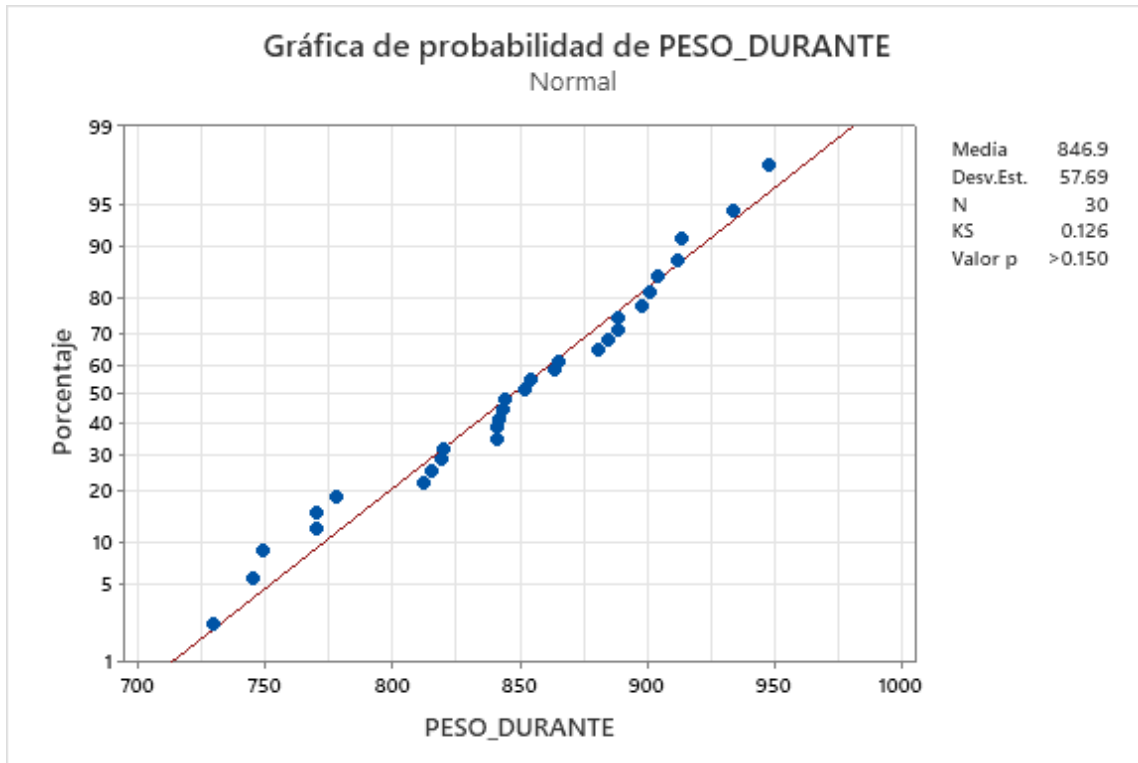
Anexo 1. Base de datos de promedios de peso de cuyes, consumo y digestibilidad de las unidades experimentales

Evaluación	T1	T2	T3	T4	T5
Pesos (g)					
Media	855.5	867.7	850.5	863.5	797.5
Desviación estándar	53.2	63.0	62.2	33.7	60.1
Mínimo	778.0	770.0	749.0	819.0	729.0
Mediana	866.5	866.0	859.5	858.0	792.5
Máximo	912.0	948.0	934.0	904.0	885.0
Consumo de materia seca (g)					
Media	54.35	57.56	57.09	65.86	65.22
Desviación estándar	3.77	3.62	6.79	9.93	6.72
Mínimo	52.02	53.52	46.89	49.23	54.71
Mediana	55.80	56.95	56.55	66.87	66.44
Máximo	60.38	63.63	65.54	78.54	74.65
consumo de materia orgánica (g)					
Media	50.75	52.45	50.03	60.67	59.61
Desviación estándar	5.12	3.29	5.96	9.15	6.14
Mínimo	42.51	48.77	41.08	45.36	50.00
Mediana	50.74	51.91	49.55	61.60	60.73
Máximo	56.37	57.95	57.43	72.35	68.22
Digestibilidad de materia seca (%)					
Media	75.087	72.327	70.154	61.945	46.027
Desviación estándar	1.434	1.409	1.185	1.047	2.294
Mínimo	73.243	69.828	68.073	59.935	42.207
Mediana	75.122	72.714	70.433	62.259	46.036
Máximo	77.201	73.592	71.303	62.745	49.152
Digestibilidad de materia orgánica (%)					
Media	76.333	73.616	72.106	62.770	46.298
Desviación estándar	1.278	1.410	1.092	1.093	2.225
Mínimo	74.695	71.153	70.267	60.759	42.555
Mediana	76.333	74.043	72.382	63.036	46.495

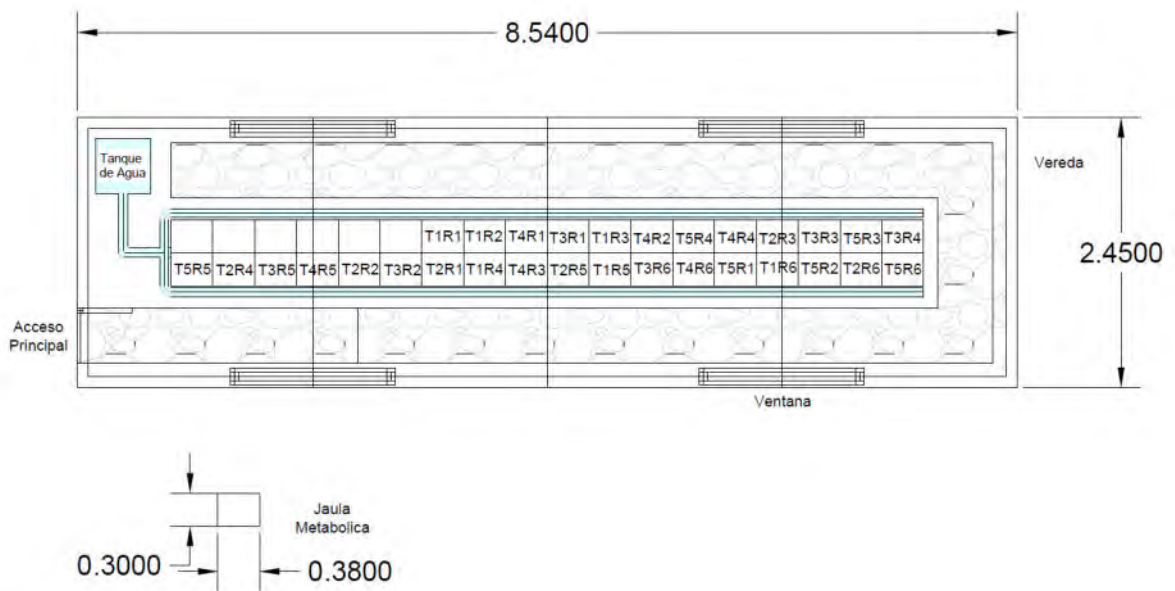
Máximo	78.250	74.874	73.323	63.695	49.175
--------	--------	--------	--------	--------	--------

Leyenda: T1: 100% Dieta Basal (DB), T2: 70%DB + 30% Harina de Hoja Morera (HHM), T3: 30%DB + 70% Harina de Hoja Morera (HHM), T4: 70%DB + 30% Harina de Hoja de Pisonay (HHP), T5: 30% DB + 70% Harina de Hoja de Pisonay (HHP)

Anexo 2. Prueba de Normalidad de pesos de las unidades experimentales



Anexo 3. Croquis y aleatorización de las unidades experimentales



Anexo 4. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de consumo de materia seca (g) de las dietas experimentales.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	647.8	161.95	3.47	0.022
Error	25	1066.1	46.64		
Total	29	1813.9			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
T4	6	65.86	A
T5	6	65.22	A
T2	6	57.56	A
T3	6	57.09	A
T1	5	54.35	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Comparaciones en parejas de Fisher

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
T4	6	65.86	A
T5	6	65.22	A B
T2	6	57.56	B C
T3	6	57.09	C
T1	6	54.35	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Con los datos transformado de materia seca (g)

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	0.07065	0.017664	3.50	0.021
Error	25	0.12600	0.005040		
Total	29	0.19665			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación	
T4	6	0.9496	A	
T5	6	0.9414	A	B
T2	6	0.8614	A	B
T3	6	0.8571	A	B
T1	6	0.8291		B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Comparaciones en parejas de Fisher

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación	
T4	6	0.9496	A	
T5	6	0.9414	A	B
T2	6	0.8614		B C
T3	6	0.8571		B C
T1	6	0.8291		C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 5. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de consumo de materia seca % PV de las dietas experimentales

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	14.681	3.6702	10.10	0.000
Error	25	9.084	0.3633		
Total	29	23.764			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación		
T5	6	7.980	A		
T4	6	7.265	A	B	
T3	6	6.484		B	C
T2	6	6.331		B	C
T1	6	6.078			C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Con los datos transformado de materia seca %

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	0.005585	0.001396	9.90	0.000
Error	25	0.003529	0.000141		
Total	29	0.009114			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación	
T5	6	0.28624	A	
T4	6	0.27241	A	B
T3	6	0.25735	B	C
T2	6	0.25430	B	C
T1	6	0.24892		C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 6. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de consumo de materia orgánica (g) de las dietas experimentales

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	613.6	153.40	3.95	0.013
Error	25	969.7	38.79		
Total	29	1583.3			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación	
T4	6	60.67	A	
T5	6	59.61	A	B
T2	6	52.45	A	B
T1	6	50.75	A	B
T3	6	50.03		B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Con los datos transformado de materia orgánica (g)

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	0.06371	0.015927	3.97	0.013
Error	25	0.10041	0.004016		
Total	29	0.16412			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
T4	6	0.8943	A
T5	6	0.8827	A B
T2	6	0.8100	A B
T1	6	0.7929	A B
T3	6	0.7857	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 7. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de consumo de materia orgánica %PV de las dietas experimentales.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	12.994	3.2485	10.65	0.000
Error	25	7.629	0.3052		
Total	29	20.623			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación		
T5	6	7.293	A		
T4	6	6.693	A	B	
T2	6	5.770		B	C
T3	6	5.681			C
T1	6	5.675			C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Con los datos transformado de materia orgánica %

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	0.005364	0.001341	10.44	0.000
Error	25	0.003212	0.000128		
Total	29	0.008576			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación		
T5	6	0.27332	A		
T4	6	0.26119	A	B	
T2	6	0.24253		B	C
T3	6	0.24057			C
T1	6	0.24036			C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 8. Análisis de regresión entre consumo materia seca (g) y Fibra cruda.

Ecuación de regresión

$$\text{CONSUMO MS BS TOTAL, g} = 45.52 + 1.158 \text{ Fibra cruda}$$

Coeficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	45.52	4.86	9.37	0.000	
Fibra cruda	1.258	0.375	3.09	0.004	1.00

Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
6.95003	25.44%	22.77%	14.88%

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	461.4	461.40	9.55	0.004
Fibra cruda	1	461.4	461.40	9.55	0.004
Error	28	1352.5	48.3		
Falta de ajuste	3	186.4	62.13	1.33	0.286
Error puro	25	1166.1	46.64		
Total	29	1813.9			

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	CONSUMO MS BS TOTAL, g	Ajuste	Resid	Resid est.
21	78.54	61.29	17.24	2.53 R

Residuo grande R

Anexo 9. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de heces de materia seca (g) de las dietas experimentales

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	1857.4	464.352	50.46	0.000
Error	25	230.1	9.203		
Total	29	2087.5			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
T5	6	35.00	A
T4	6	24.99	B
T3	6	16.986	C
T2	6	15.895	C
T1	6	13.518	C

las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 10. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de heces de materia orgánica (g) de las dietas experimentales.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	1670.7	417.672	57.29	0.000
Error	25	182.3	7.291		
Total	29	1853.0			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
T5	6	31.82	A
T4	6	22.52	B
T3	6	13.915	C
T2	6	13.814	C
T1	6	11.987	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 11. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de fracción digerida de materia seca (g) de las dietas experimentales

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	550.7	137.66	8.00	0.000
Error	25	430.4	17.22		
Total	29	981.1			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
T2	6	41.66	A
T4	6	40.87	A
T1	6	40.83	A
T3	6	40.11	A
T5	6	30.23	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 12. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de fracción digerida de materia orgánica

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	519.1	129.78	8.74	0.000
Error	25	371.2	14.85		
Total	29	890.4			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
T1	6	38.76	A
T2	6	38.63	A
T4	6	38.15	A
T3	6	36.11	A
T5	6	27.79	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 13. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de digestibilidad de materia seca (MS) de las dietas experimentales.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	3307.35	826.838	350.22	0.000
Error	25	59.02	2.361		
Total	29	3366.37			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación		
T1	6	75.087	A		
T2	6	72.327		B	
T3	6	70.154		B	
T4	6	61.945			C
T5	6	46.027			D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 14. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de digestibilidad de materia orgánica (MO) de las dietas experimentales

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	3602.47	900.618	410.87	0.000
Error	25	54.80	2.192		
Total	29	3657.27			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación		
T1	6	76.333	A		
T2	6	73.616		B	
T3	6	72.106		B	
T4	6	62.770			C
T5	6	46.298			D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 15. Insumos experimentales: Morera (*Morus alba*) y pisonay (*Erythrina sp*) en su forma natural.



Planta de morera



Planta de pisonay

Anexo 16. Secado de insumos experimentales de las hojas de morera y pisonay



Hojas de morera



Hojas de pisonay

Anexo 17. Proceso de peletizado de los insumos experimentales.



Anexo 18. Acondicionamiento de las jaulas metabólicas



Anexo 19. Cuyes machos de la línea Perú en sus respectivas jaulas metabólicas.



Anexo 20. Análisis en laboratorio de las muestras recolectadas en el laboratorio de nutrición, ciencia y tecnología de alimentos.

