

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA



TESIS

DIGESTIBILIDAD DE LA HARINA DE FOLLAJE DE LEUCAENA (*Leucaena trichodes L.*) Y DE RASTROJO DE KIWICHA (*Amaranthus caudatus L.*) EN CUYES (*Cavia porcellus L.*)

**PRESENTADO POR:
BR. CARLA TACO PEÑA**

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

ASESORES:

**PhD. GILBERT ALAGON HUALLPA
MSc. GARDENIA TUPAYACHI SOLORZANO**

**CUSCO-PERÚ
2025**

INFORME DE ORIGINALIDAD

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

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: DIGESTIBILIDAD DE LA HARINA DE FOLLAJE DE LEUCAENA (Leucaena trichodes L.) Y DE PASTROJO DE KIWICHA (Amaranthus caudatus L.) EN CUYES (Caviza porcellus L.)

Presentado por: CARLA TACO PENYA DNI N° 62488625

presentado por: DNI N°:

Para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO ZOOTECNISTA

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 08.....%.

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

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

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** las primeras páginas del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 02 de JULIO de 2025

Firma

Post firma GARDENIA TUPAYACHI SOLORZANO

Nro. de DNI 42789402

ORCID del Asesor 0000-0002-8131-7223

0000-0003-0534-493X

CNI: 24463577

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: **oid:** 27259:471334013

CARLA TACO PEÑA

DIGESTIBILIDAD DE LA HARINA DE FOLLAJE DE LEUCAENA (*Leucaena trichodes* L.) Y DE RASTROJO DE KIWICHA

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:471334013

Fecha de entrega

2 jul 2025, 12:39 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

2 jul 2025, 1:00 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

TESIS-CARLA TACO PEÑA (PARA REPOSITORIO).docx

Tamaño de archivo

5.8 MB

86 Páginas

21.827 Palabras

110.606 Caracteres

8% 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 12 palabras)

Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 7%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 2%  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

Con eterno y profundo amor, dedico este trabajo a mi madre, **Margarita Peña**, y a la memoria de mi padre, **Nicolás Factor Taco**, quien me acompaña desde el cielo. Con su amor incondicional y su sabiduría, han sido el pilar fundamental para que me convierta en la mujer que hoy soy.

¡Con especial cariño, a cada integrante de la hermosa familia **Taco Peña**, a quienes amo y valoro con todo mi corazón!

A mi querido y siempre recordado pueblo de **Parobamba**, donde transcurrieron los años más felices de mi niñez y adolescencia, al lado de mis padres, disfrutando de la belleza y tranquilidad del campo.

A todas las personas que laboran en la actividad agropecuaria, quienes, con esfuerzo y dedicación, trabajan incansablemente de sol a sol para que nunca falte el alimento en nuestros hogares.

Y a todos quienes se dedican a la investigación, especialmente **a los tesisistas**, con la esperanza de que perseveren hasta alcanzar su meta de obtener el título profesional de Ingeniero Zootecnista.

AGRADECIMIENTO

Por sobre todas las cosas, expreso mi gratitud a **Dios**, fuente de luz y sabiduría, quien en su infinita bondad vino a mi encuentro cuando más lo necesitaba y me dio las fuerzas para continuar. Su amor eterno y su misericordia sin límites se manifiestan de muchas formas en mi vida diaria, guiándome y sosteniéndome en cada paso.

Mi gratitud eterna para mis padres, **Margarita y Nicolás Factor**, por creer en mí desde el primer momento. Gracias por su amor, por sus enseñanzas y por prepararme con esmero para afrontar la vida con valentía y dignidad.

Agradezco de corazón a **mis hermanos**: Edith, Akira, Sara, Maritza, Delfina, Marco, Rildo, Hulbert y Laura, por sus palabras de aliento, por animarme a seguir adelante y brindarme su amor incondicional en cada etapa de este camino.

Con especial orgullo, extiendo mi agradecimiento a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), a la Facultad de Agronomía y Zootecnia, a **la Escuela Profesional de Zootecnia** y a toda la plana de docentes, por su entrega, conocimiento y contribución a mi formación académica, profesional y personal.

A **mis asesores**, el PhD. Gilbert Alagón Huallpa y la Msc. Gardenia Tupayachi Solórzano, mi más sincero reconocimiento y agradecimiento por su guía, paciencia y compromiso a lo largo de todo el proceso de investigación.

Con mucho cariño y aprecio, agradezco al **equipo del proyecto de investigación VARCUI**, en especial a Mario Luna, Elizabeth Hinchó, Moisés Jancco y Eloy Zuñiga, por su valioso apoyo y por las experiencias compartidas en el bioterio de Nutrición Animal.

Con mucha alegría, agradezco a mi amigo y hermano **Juan Samuel**, a quien Dios usó para mostrarme el camino correcto y acercarme a hombres y mujeres de fe apasionados por su llamado.

Y con mucho amor y gozo, a **mis amigos**: Jhon Jesús, Lena, José Luis, Sayn, Nerio, Vianey, Yoshimardo, Yuliana, Palmir y Rosa Alcca, ¡gracias por su amistad, inspiración y por ser parte esencial de este viaje, los quiero un montón!

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
GLOSARIO DE TÉRMINOS	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN	3
2.1. IDENTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
2.1.1. PREGUNTA GENERAL.....	3
2.1.2. PREGUNTAS ESPECÍFICAS	3
III. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN	5
3.1. OBJETIVOS	5
3.1.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
3.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
3.2. JUSTIFICACIÓN	6
IV. HIPÓTESIS.....	7
V. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	8
5.1. MARCO TEÓRICO.....	8
5.1.1. NUTRICION EN CUYES	8
5.1.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA, ANÁLISIS PROXIMAL Y CARACTERIZACIÓN DE LOS ALIMENTOS.....	9

a. Humedad	9
b. Ceniza.....	9
c. Proteína bruta	10
d. Extracto etéreo	10
e. Fibra bruta y extracto libres de nitrógeno (ELN).....	10
5.1.3. DETERMINACIÓN DE LA ENERGÍA DIGESTIBLE (ED) Y PROTEÍNA DIGESTIBLE (PD)	10
5.1.4. DIGESTIBILIDAD.....	11
5.1.5. MÉTODOS PARA DETERMINAR LA DIGESTIBILIDAD.....	11
5.1.6. MÉTODOS <i>IN VIVO</i> (DIRECTOS): RECOLECCIÓN DE HECES	11
a. Metodología	11
5.1.7. MÉTODOS <i>IN VIVO</i> (INDIRECTOS): USO DE MARCADORES.....	12
5.1.8. MÉTODOS <i>IN VITRO</i>	13
5.1.9. MÉTODOS <i>IN SITU</i>	13
5.1.10. TIPOS DE DIGESTIBILIDAD	14
a. Digestibilidad aparente	14
b. Digestibilidad real.....	14
c. Digestibilidad por diferencia.....	15
5.1.11. FACTORES QUE AFECTAN LA DIGESTIBILIDAD	15
a. Composición de alimentos	15
b. Composición de la ración	16
c. Modo de preparación de los alimentos.....	16
d. Suplementación de los alimentos con enzimas	17
e. Factores dependientes del animal	17
f. Nivel de alimentación	17
5.1.12. KIWICHA (<i>Amaranthus caudatus L.</i>).....	17
a. Características agrobotánicas.....	18

b.	La kiwicha como residuo de cosecha	18
5.1.13.	LEUCAENA (<i>Leucaena trichodes</i>).....	19
a.	Características agrobotánicas.....	19
b.	Análisis químico de la <i>Leucaena trichodes</i>	20
c.	<i>L. leucocephala</i> y <i>L. trichodes</i>	20
d.	La mimosina en la leucaena	22
5.2.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	23
5.2.1.	ANTECEDENTES NACIONALES.....	23
5.2.2.	ANTECEDENTES INTERNACIONALES	25
5.2.3.	RESUMEN	29
VI.	METODOLOGÍA DEL ESTUDIO	31
6.1.	LUGAR Y DURACIÓN DE ESTUDIO.....	31
6.1.1.	LUGAR	31
a.	Descripción del bioterio	31
6.1.2.	DURACIÓN.....	31
6.2.	EQUIPOS Y MATERIALES	32
6.2.1.	EQUIPOS Y MATERIALES DEL BIOTERIO.....	32
6.2.2.	EQUIPOS Y MATERIALES DE LABORATORIO	32
6.2.3.	EQUIPOS DE MOLIENDA Y PELLETIZADO	32
6.2.4.	MATERIAL BIOLÓGICO.....	32
6.2.5.	INSUMOS Y ADITIVOS PARA LA FORMULACION DE DIETAS EXPERIMENTALES	33
6.2.6.	COLECCIÓN Y MOLIENDA DE LAS MATERIAS PRIMAS EN ESTUDIO	33
6.2.7.	DE LOS TRATAMIENTOS Y DISTRIBUCIÓN DE ANIMALES.....	33
6.2.8.	DE LA COMPOSICION DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.....	34
6.2.9.	DE LA PREPARACION DE DIETAS EXPERIMENTALES	36

6.2.10. DEL PERIODO DE ENSAYO CON LOS ANIMALES	36
a. Fase de adaptación	36
b. Fase de experimentación	36
c. Consumo de dietas experimentales	36
d. Colección de heces	37
6.2.11. DE LA DETERMINACIÓN DE LA MATERIA SECA PARCIAL DE LAS HECES.....	37
6.2.12. DE LA DETERMINACION DE LA MATERIA SECA TOTAL DE LAS HECES.....	37
6.2.13. DE LA MOLIENDA Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS PARA SU ANÁLISIS	37
6.2.14. DE LA DETERMINACIÓN DE DIGESTIBILIDAD APARENTE (DA%) DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.....	38
6.2.15. DE LA DETERMINACIÓN DE DIGESTIBILIDAD APARENTE (DA%) DE LAS MATERIAS PRIMAS EN EXPERIMENTO	38
6.2.16. DEL ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS MUESTRAS (MATERIAS PRIMAS, DIETAS Y HECES)	39
6.2.17. DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	40
VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	41
7.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA HARINA DE FOLLAJE DE LEUCAENA Y DE RASTROJO DE KIWICA	41
7.1.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL RASTROJO DE KIWICHA	41
7.1.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA HARINA DE FOLLAJE DE LEUCAENA	42
7.2. DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LAS DIETAS Y LAS MATERIAS PRIMAS.....	44
7.2.1. CONSUMO (g MS/DÍA/CUY) Y DIGESTIBILIDAD DE LAS DIETAS..	44
7.2.2. DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LAS MATERIAS PRIMAS	47

7.3. VALORES NUTRICIONALES DEL RASTROJO DE KIWICHA (raki) Y LA HARINA DE FOLLAJE DE LEUCAENA (hafole)	51
VIII. CONCLUSIONES	54
IX. RECOMENDACIONES	55
X. REFERENCIAS	56
XI. ANEXOS	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Composición química de la <i>Leucaena trichodes</i> (%).....	20
Tabla 2.	Composición bromatológica y energía de <i>Leucaena leucocephala</i> cv. Perú en dos edades de corte.....	21
Tabla 3.	Consumo y digestibilidad <i>in vivo</i> en carneros de hojas de <i>Leucaena leucocephala</i> cv. Perú en dos edades de corte	22
Tabla 4.	Composición química de la kiwicha.....	29
Tabla 5.	Coefficiente de digestibilidad de la granza de kiwicha.....	29
Tabla 6.	Composición química de diferentes especies del género leucaena.....	29
Tabla 7.	Coefficiente de digestibilidad de forrajes proteicos.	30
Tabla 8.	Distribución de tratamientos	34
Tabla 9.	Formula de dietas basales y dietas en estudio	35
Tabla 10.	Composición química de las dietas experimentales en base seca	35
Tabla 11.	Composición química de las materias primas en estudio (%)	41
Tabla 12.	Digestibilidad aparente de la dieta basal (Db 1) y de la dieta con rastrojo de kiwicha (Draki)	44
Tabla 13.	Digestibilidad aparente de la dieta basal 2 (Db 2) y de la dieta con harina follaje de leucaena (Dhafole)	46
Tabla 14.	Coefficiente de digestibilidad aparente (DA%) del rastrojo de kiwicha (raki)	47
Tabla 15.	Coefficiente de digestibilidad aparente (DA%) de la harina de follaje de leucaena (hafole).....	49
Tabla 16.	Valores nutritivos de PD, EED, CeD, FBD, ELND (%) y ED (kcal/kg MS) del rastrojo de kiwicha (raki)	52
Tabla 17.	Valores nutritivos de PD, EED, CeD, FBD, ELND (%) y ED (kcal/kg MS) de la harina follaje de leucaena (hafole)	52

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Proceso de elaboración de dietas balanceadas (Mezclado y peletizado).....	60
Anexo 2. Cuyes en experimentación con sus dietas respectivas	60
Anexo 3. Control de peso de los cuyes	60
Anexo 4. Suministro de alimento y agua.....	61
Anexo 5. Colección de heces de cuyes (durante 5 días).....	61
Anexo 6. Refrigeración de las heces de cuyes	61
Anexo 7. Determinación del peso seco de las heces (a 65 °C)	62
Anexo 8. Molienda de muestras de materias primas, dietas y heces.....	62
Anexo 9. Preparación de muestras (insumos, dietas y heces) para el laboratorio.....	62
Anexo 10. Cuyes haciendo la actividad de cecotofía	63
Anexo 11. Pesos de los cuyes evaluados con la dieta con el 30% de rastrojo de kiwicha (Draki) y con la Dieta basal 1 (Db 1).....	63
Anexo 12. Pesos de los cuyes evaluados con la dieta con el 30% de harina de follaje de leucaena (Dhafole) y con la Dieta basal 2 (Db 2).....	64
Anexo 13. Prueba de t Student para consumo (g MS/día/cuy) de la dieta basal 1 (Db 1) y dieta basal con 30% de rastrojo de kiwicha (Draki).....	64
Anexo 14. Prueba de t Student para el Coeficiente de Digestibilidad de la Materia Seca (CDMS, %) de la dieta basal 1 y la dieta basal 1 con 30% de rastrojo de kiwicha.....	65
Anexo 15. Prueba de t Student para el Coeficiente de Digestibilidad de la Materia Orgánica (CDMO, %) de la dieta basal 1 y la dieta basal 1 con 30% de rastrojo de kiwicha.	65
Anexo 16. Prueba de t Student para Coeficiente de Digestibilidad de Proteína Bruta (CDPB, %) de la dieta basal 1 y la dieta basal 1 con 30% de rastrojo de kiwicha.....	65

Anexo 17. Prueba de t Student para el Coeficiente de Digestibilidad del Extracto Etéreo (CDEE, %) de la dieta basal 1 y la dieta basal 1 con 30% de rastrojo de kiwicha.	66
Anexo 18. Prueba de t Student para el Coeficiente de Digestibilidad de Fibra Bruta (CDFB, %) de la dieta basal 1 y la dieta basal 1 con 30% de rastrojo de kiwicha.....	66
Anexo 19. Prueba de t Student para el Coeficiente de Digestibilidad de la Ceniza (CDCe, %) de la dieta basal 1 y la dieta basal 1 con 30% de rastrojo de kiwicha.....	66
Anexo 20. Prueba de t Student para el Coeficiente de Digestibilidad del Extracto Libre de Nitrógeno (CDELN, %) de la dieta basal 1 y la dieta basal 1 con 30% de rastrojo de kiwicha.	67
Anexo 21. Prueba de t Student para Coeficiente de Digestibilidad de Energia Bruta (CDEB, %) de la dieta basal 1 y la dieta basal 1 con 30% de rastrojo de kiwicha.....	67
Anexo 22. Prueba de t Student para consumo (g MS/día/cuy) de la dieta basal 2 (Db 2) y dieta basal con 30% de harina de follaje de leucaena (Dhafole).....	68
Anexo 23. Prueba de t Student para el Coeficiente de Digestibilidad de Materia Seca (CDMS, %) de la dieta basal 2 (Db 2) y dieta basal con 30% de harina de follaje de leucaena (Dhafole).....	68
Anexo 24. Prueba de t Student para el Coeficiente de Digestibilidad de Materia Orgánica (CDMO, %) de la dieta basal 2 (Db 2) y dieta basal con 30% de harina de follaje de leucaena (Dhafole).	68
Anexo 25. Prueba de t Student para el Coeficiente de Digestibilidad de Proteina Bruta (CDPB, %) de la dieta basal 2 (Db 2) y dieta basal con 30% de harina de follaje de leucaena (Dhafole).	69
Anexo 26. Prueba de t Student para el Coeficiente de Digestibilidad de Extracto Etéreo (CDEE, %) de la dieta basal 2 (Db 2) y dieta basal con 30% de harina de follaje de leucaena (Dhafole).	69

Anexo 27. Prueba de t Student para el Coeficiente de Digestibilidad de Fibra Bruta (CDFB, %) de la dieta basal 2 (Db 2) y dieta basal con 30% de harina de follaje de leucaena (Dhafole).....	69
Anexo 28. Prueba de t Student para el coeficiente de Digestibilidad de Ceniza (CDCe, %) de la dieta basal 2 (Db 2) y dieta basal con 30% de harina de follaje de leucaena (Dhafole).....	70
Anexo 29. Prueba de t Student para el Coeficiente de Digestibilidad del Extracto Libre de Nitógeno (CDELN, %) de la dieta basal 2 (Db 2) y dieta basal con 30% de harina de follaje de leucaena (Dhafole).....	70
Anexo 30. Prueba de t Student para el Coeficiente de Digestibilidad de Energía Bruta (CDEB, %) de la dieta basal 2 (Db 2) y dieta basal con 30% de harina de follaje de leucaena (Dhafole).....	70

GLOSARIO DE TÉRMINOS

AOAC:	Association of Official Analytical Chemists
CDCe:	Coeficiente de digestibilidad de ceniza
CDEB:	Coeficiente de digestibilidad de energía bruta
CDEE:	Coeficiente de digestibilidad de extracto etéreo
CDELN:	Coeficiente de digestibilidad de extracto libre de nitrógeno
CDFB:	Coeficiente de digestibilidad de fibra bruta
CDMO:	Coeficiente de digestibilidad de materia orgánica
CDMS:	Coeficiente de digestibilidad de materia seca
CDPB:	Coeficiente de digestibilidad de proteína bruta
Ce:	Ceniza
CeD:	Ceniza digestible
Da:	Digestibilidad aparente
Db 1:	Dieta basal 1
Db 2:	Dieta basal 2
Db:	Dieta basal
DCe:	Digestibilidad de la ceniza
DEB:	Digestibilidad de la energía bruta
DEE:	Digestibilidad del extracto etéreo
DELN:	Digestibilidad del extracto libre de nitrógeno
DFB:	Digestibilidad de la fibra bruta
Dhafole:	Dieta con inclusión del 30% de harina de follaje de leucaena

DMO:	Digestibilidad de materia orgánica
DMS:	Digestibilidad de materia seca
DPB:	Digestibilidad de proteína bruta
Draki:	Dieta con inclusión del 30% de rastrojo de kiwicha
EB:	Energía bruta
ED:	Energía digestible
EE:	Extracto etéreo
EED:	Extracto etéreo digestible
ELN:	Extracto libre de nitrógeno
ELND:	Extracto libre de nitrógeno digestible
FB:	Fibra bruta
FBD:	Fibra bruta digestible
Hafole:	Harina de follaje de leucaena
LI:	<i>Leucaena leucocephala</i>
Lt:	<i>Leucaena trichodes</i>
MO:	Materia orgánica
MS:	Materia seca
PB:	Proteína bruta
PD:	Proteína digestible
Raki:	Rastrojo de kiwicha

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la composición química y la digestibilidad aparente de los nutrientes de la harina de follaje de leucaena (*Leucaena trichodes*) y del rastrojo de kiwicha (*Amaranthus caudatus L.*) en cuyes (*Cavia porcellus L.*), mediante un ensayo de digestibilidad *in vivo*. El estudio se llevó a cabo en el bioterio de nutrición animal de la Facultad de Agronomía y Zootecnia (FAZ), utilizando 28 cuyes en etapa de crecimiento (machos y hembras), con edades entre 50 y 60 días y un peso vivo promedio entre 737 y 863 g. Los animales fueron distribuidos aleatoriamente en 28 jaulas metabólicas individuales y se asignaron a cuatro tratamientos experimentales, con siete cuyes por tratamiento: T1: Dieta basal 1, T2: Dieta basal 1 + 30 % rastrojo de kiwicha, T3: Dieta basal 2 y T4: Dieta basal 2 + 30 % harina de follaje de leucaena. La composición química de los insumos fue determinada mediante los métodos analíticos de la AOAC. Para calcular los coeficientes de digestibilidad de cada dieta, se utilizó la diferencia entre la cantidad de nutriente ingerido y nutriente excretada en las heces. La digestibilidad de cada materia prima se estimó mediante el método de sustitución. El ensayo tuvo una duración de 15 días, divididos en dos fases: 10 días de adaptación y 5 días de experimentación, durante los cuales se evaluó el consumo de alimento y la producción de heces. Los resultados de la composición química del rastrojo de kiwicha fueron: 87.04 % de materia seca (MS), 10.22 % de proteína bruta (PB), 12.94 % de cenizas (Ce) y 36.80 % de fibra bruta (FB). Los coeficientes de digestibilidad obtenidos para esta materia prima fueron: 44.37 % de MS, 59.46 % de PB, 44.37 % de Ce, 49.26 % de FB y 1,659 kcal/kg MS de energía digestible (ED). En cuanto a la harina de follaje de leucaena, su composición química fue: 89.25 % de MS, 30.41 % de PB, 8.58 % de extracto etéreo (EE) y 27.10 % de FB. Sus coeficientes de digestibilidad fueron: 65.74 % de MS, 70.92 % de PB, 70.25 % de EE, 51.19 % de FB y 3,141 kcal/kg MS de ED. En conclusión, los resultados demuestran que el rastrojo de kiwicha actúa como una fuente fibrosa de bajo aporte energético, mientras que la harina de follaje de leucaena se caracteriza por su alto contenido de proteína digestible y energía digestible. Ambos recursos evidencian su potencial como insumos alternativos en la formulación de dietas para cuyes.

Palabras clave: Digestibilidad, rastrojo de kiwicha, harina de follaje de leucaena, cuyes

ABSTRACT

The objective of this research study was to evaluate the chemical composition and apparent nutrient digestibility of leucaena foliage meal (*Leucaena trichodes*) and kiwicha stubble (*Amaranthus caudatus L.*) in guinea pigs (*Cavia porcellus L.*), through an *in vivo* digestibility trial. The study was conducted at the animal nutrition bioterium of the Faculty of Agronomy and Animal Husbandry (FAZ), using 28 guinea pigs in the growth stage (males and females), aged between 50 and 60 days, with an average live weight ranging from 737 to 863 g. The animals were randomly distributed in 28 individual metabolic cages and assigned to four experimental treatments, with seven guinea pigs per treatment: T1: Basal diet 1, T2: Basal diet 1 + 30% stubble kiwicha, T3: Basal diet 2 and T4: Basal diet 2 + 30% leucaena foliage meal. The chemical composition of the feedstocks was determined using AOAC analytical methods. The digestibility coefficients of each diet were calculated by measuring the difference between the amount of nutrient ingested and the amount excreted in the feces. The digestibility of each raw material was estimated using the substitution method. The trial lasted 15 days, divided into two phases: 10 days of adaptation and 5 days of experimentation, during which feed intake and fecal production were measured. The results of the chemical composition of kiwicha stubble were: 87.04% dry matter (DM), 10.22% crude protein (CP), 12.94% ash and 36.80% crude fiber (CF). The digestibility coefficients for this raw material were: 44.37% DM, 59.46% CP, 44.37% ash, 49.26% CF and 1,659 kcal/kg DM of digestible energy (DE). As for the leucaena foliage meal, its chemical composition was: 89.25% DM, 30.41% CP, 8.58% ether extract (EE) and 27.10% CF. Its digestibility coefficients were: 65.74% DM, 70.92% CP, 70.25% EE, 51.19% CF and 3,141 kcal/kg DM of DE. In conclusion, the results demonstrate that kiwicha stubble functions as a fibrous source with low energy contribution, while leucaena foliage meal is characterized by its high content of digestible protein and digestible energy. Both resources demonstrate their potential as alternative inputs in the formulation of diets for guinea pigs.

Key words: Digestibility, kiwicha stubble, leucaena foliage meal, guinea pigs.

I. INTRODUCCIÓN

La producción de cuyes a nivel nacional es una actividad en constante crecimiento, debido a los beneficios socioeconómicos que ofrece este monogástrico. Esta especie genera rentabilidad y contribuye significativamente a la mejora de la nutrición de los consumidores. No obstante, dentro de esta actividad, la alimentación representa más del 70% de los costos de producción (Blanco, 2005). En este contexto, es fundamental considerar el uso de materias primas de bajo costo, así como el aprovechamiento de recursos naturales y subproductos agrícolas disponibles en cada zona.

Por otro lado, el cuy requiere una alimentación integral y equilibrada en cada etapa de su vida, con el fin de satisfacer sus requerimientos nutricionales (Chauca, 1997). Para formular raciones adecuadas, es imprescindible conocer la composición química y el valor nutritivo de los alimentos que consume esta especie.

Una vez estimado el contenido de nutrientes mediante análisis químico, es necesario determinar su disponibilidad real para el animal. Esto implica considerar las pérdidas inevitables que ocurren durante los procesos de digestión, absorción y metabolismo (McDonald *et al.*, 2006).

Uno de los principales parámetros para evaluar la calidad nutricional de un alimento es la digestibilidad, la cual se define como la fracción del alimento ingerido que no aparece en las excretas y, por tanto, se asume que ha sido absorbida a nivel del tracto digestivo. Para su determinación, se utilizan animales a los que se suministra una dieta de composición conocida durante un periodo determinado, recolectando y analizando las heces generadas durante ese tiempo (Church *et al.*, 2002; McDonald *et al.*, 2006).

Existen diversos métodos para calcular el coeficiente de digestibilidad de los nutrientes presentes en un alimento. Estos incluyen métodos *in vivo* directos (recolección total de heces), indirectos (uso de indicadores), así como métodos *in situ* e *in vitro* (Osorio *et al.*, 2012). Aunque el método *in vivo* directo es considerado el más preciso, también resulta más costoso y complejo. Sin embargo, los ensayos de alimentación con animales proporcionan resultados más fiables y aplicables que los análisis *in vitro* (Bondi, 1988).

La digestibilidad de un alimento está influenciada principalmente por su composición química, especialmente por su contenido de fibra. Otros factores que afectan este parámetro incluyen la especie animal, el nivel de alimentación, y los tratamientos físicos o químicos aplicados a la dieta (McDonald *et al.*, 2006).

En los ecosistemas de ceja de selva de nuestra región se encuentra la *Leucaena* (*Leucaena trichodes*), conocida localmente como “Chamba”, un árbol leguminoso cuyo follaje se utiliza como fuente alimenticia para aves y cuyes. Asimismo, en los valles interandinos se cultiva la kiwicha (*Amaranthus caudatus L.*), cuyo residuo de cosecha posee un alto potencial como insumo en la alimentación animal. Ambos recursos deben ser evaluados mediante ensayos de digestibilidad *in vivo*, con el fin de determinar la capacidad de los cuyes para degradar y absorber sus nutrientes. Estos estudios permitirán establecer el valor nutricional de dichas materias primas y su potencial uso en la formulación de dietas para cuyes, generando así información útil para optimizar la producción.

II. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

2.1. IDENTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según la revisión bibliográfica realizada, los datos disponibles sobre la composición nutricional de *Leucaena trichodes* son limitados y corresponden a estudios realizados hace más de treinta años. Además, no se han encontrado reportes específicos sobre su digestibilidad en cuyes, a diferencia de otras especies como *Leucaena leucocephala*, cuyas propiedades nutricionales han sido ampliamente estudiadas. De igual forma, no se dispone de información científica sobre la composición química ni los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes del rastrojo de kiwicha.

Esta falta de información actualizada y específica limita la posibilidad de incorporar de manera precisa el follaje de *Leucaena* y el rastrojo de kiwicha en la formulación de dietas balanceadas para cuyes. Sin datos confiables sobre su valor nutricional y digestibilidad, el uso de estos recursos como insumos alimenticios no puede ser técnicamente fundamentado ni optimizado.

En este contexto, se hace necesaria la realización de ensayos de consumo y digestibilidad *in vivo* en cuyes, que permitan determinar el coeficiente de digestibilidad de estos insumos, así como parámetros clave como la proteína digestible y la energía digestible. A partir de esta problemática, surgen las siguientes interrogantes de investigación:

2.1.1. PREGUNTA GENERAL

¿Cuál es la composición química y la digestibilidad de la harina de follaje de leucaena y rastrojo de kiwicha en cuyes?

2.1.2. PREGUNTAS ESPECÍFICAS

- ¿Cuál es la composición química de la harina de follaje de leucaena y rastrojo de kiwicha?
- ¿Cuáles son los coeficientes de digestibilidad de los diferentes nutrientes de la harina de follaje de leucaena y rastrojo de kiwicha en cuyes?

- ¿Cuáles son los valores nutritivos de la harina de follaje de leucaena y rastrojo de kiwicha en cuyes?

III. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

3.1. OBJETIVOS

3.1.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la composición química y la digestibilidad de la harina de follaje de leucaena (*Leucaena trichodes L.*) y del rastrojo de kiwicha (*Amaranthus caudatus L.*) en cuyes.

3.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Determinar la composición química de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE), fibra bruta (FB), ceniza (Ce), extracto libre de nitrógeno (ELN) y la energía bruta (EB) de la harina de follaje de leucaena y rastrojo de kiwicha.
- b. Determinar el coeficiente de digestibilidad de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE), fibra Bruta (FB), Ceniza (Ce) y extracto libre de nitrógeno (ELN) de la harina del follaje de leucaena y rastrojo de kiwicha en cuyes.
- c. Determinar los valores nutritivos de proteína digestible (PD), extracto etéreo digestible (EED), ceniza digestible (CeD), fibra bruta digestible (FBD), extracto libre de nitrógeno digestible (ELND) y energía digestible (ED) de la harina del follaje de leucaena y rastrojo de kiwicha en cuyes.

3.2. JUSTIFICACIÓN

En nuestro medio, la formulación de dietas para cuyes se basa en ingredientes convencionales como alfalfa, avena y cebada. No obstante, existen recursos subutilizados, como el follaje de *Leucaena trichodes* y el rastrojo de kiwicha, que poseen potencial como fuentes de proteína y fibra, respectivamente. La escasez de estudios científicos que respalden su uso en la alimentación de cuyes limita su inclusión técnica en dietas balanceadas.

En este contexto, el presente estudio se justifica en la necesidad de generar información confiable sobre la composición química y, especialmente, sobre la digestibilidad de estos insumos en cuyes. La digestibilidad es un parámetro fundamental en nutrición animal, ya que permite determinar la fracción real de nutrientes que puede ser absorbida y utilizada por el organismo. No basta con conocer la composición química total de un alimento; es necesario establecer cuánto de esa energía o proteína puede ser efectivamente aprovechada por el animal.

Los estudios de digestibilidad *in vivo* en cuyes son especialmente necesarios debido a las particularidades fisiológicas de su sistema digestivo, que no permiten extrapolar datos de otras especies. Esta información es crucial para formular raciones más precisas, mejorar la eficiencia alimenticia, reducir costos y optimizar el uso de recursos locales, contribuyendo así a una producción más sostenible y rentable.

Además, los resultados de esta investigación servirán como base para la elaboración de tablas nutricionales específicas para cuyes, de utilidad para estudiantes, investigadores, formuladores de alimentos y productores, promoviendo una nutrición más técnica y eficiente.

IV. HIPÓTESIS

La composición química y la digestibilidad de la harina de follaje de leucaena (*Leucaena trichodes L.*) y del rastrojo de kiwicha (*Amaranthus caudatus L.*) son diferentes y adecuados para su empleo en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus L.*).

V. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

5.1. MARCO TEÓRICO

5.1.1. NUTRICION EN CUYES

El cuy en sus diferentes etapas de crecimiento y estados fisiológicos requiere del suministro de una alimentación integral y equilibrada, que únicamente no se lograría con el uso de forrajes, sabiendo que este monogástrico tiene una gran capacidad de ingesta, es imprescindible suministrar alimento balanceado para optimizar sus parámetros (Chauca, 1997).

El paso del bolo alimenticio en el cuy por medio del estómago y el intestino delgado ocurre de manera rápida, no siendo así la llegada del mismo al ciego. Al realizar un estudio de laboratorio utilizando sulfato de bario ($BaSO_4$) se pudo identificar que, en un tiempo no mayor a dos horas, parte de esta sustancia había llegado al ciego, de la cual un cierto porcentaje permaneció hasta por dos días (Usca *et al.*, 2022).

La digestión bacteriana sucede de manera predominante en el ciego y en menor grado en el colon próximo; siendo éstas las zonas del aparato digestivo del cuy donde se produce principalmente la absorción de ácidos grasos de cadenas cortas; mientras que, en una pequeña extensión del estómago y en el intestino delgado ocurre la absorción de los otros nutrientes entre los que podemos mencionar a los aminoácidos, azúcares, grasas y ácidos grasos de cadenas largas, vitaminas y probablemente minerales (Usca *et al.*, 2022). No obstante, el cuy también realiza la actividad de la cecotofía para aprovechar el nitrógeno, lo que conduce a un buen comportamiento productivo con raciones bajas o medias de proteína (Chauca, 1997).

Según Caycedo *et al.*, (1992) en Aliaga *et al.*, (2009) mencionan que el cuy al tener un órgano desarrollado como el ciego con presencia de flora bacteriana de manera predominante, además posee protozoarios del tipo *Endotinium*, *Diplodinium*, *Isotricha* y *Dasitricha* principalmente; que han sido descubiertas gracias a la implementación de la técnica de fistulación en estos mamíferos; todos aquellos son responsables de la fermentación de alimentos fibrosos.

5.1.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA, ANÁLISIS PROXIMAL Y CARACTERIZACIÓN DE LOS ALIMENTOS.

Así como el criador pecuario y como el proveedor de raciones balanceadas manejan ingredientes alimenticios que contengan un nutrimento en específico. Estos ingredientes pueden ser proteicas como las pastas de oleaginosas, harinas de origen animal o marino, energéticos como los granos de cereales, las harinas de tubérculos y aceites, minerales como la roca fosfórica, piedra caliza, concha de ostión etc. De esta manera el nombre proviene del ingrediente predominante en el alimento; sin tomar en cuenta los otros ingredientes (Shimada, 2003). No todos los componentes de un alimento son aprovechables por el animal, lo que significa que parte de la materia ingerida podría ser insoluble o indigerible, o ambas, o podría resultar toxica en ciertas condiciones (Church *et al.*, 2002).

Hace 100 años dos científicos alemanes Henneberg y Stohman, establecieron un sistema de análisis conocido como “análisis inmediato de los alimentos”, con la cual generaron abundante información acerca de la composición de alimentos. Aunque hoy en día aparecieron nuevas técnicas de análisis, el primer sistema sigue siendo la base de la declaración reglamentaria de la composición de alimentos en Europa. El análisis proximal de Weende consta de seis fracciones: Humedad, Proteína Bruta, Extracto Etéreo, Fibra Bruta, Extractos Libres de Nitrógeno y Ceniza (McDonald *et al.*, 2006). Como se describe a continuación.

a. Humedad

Su contenido se determina mediante la pérdida de peso que experimenta un alimento con peso conocido, por desecación a 100 °C, hasta que se obtenga un peso constante. Este método resulta adecuado para la mayoría de los alimentos (McDonald *et al.*, 2006).

b. Ceniza

Se determina por ignición a 500 °C de una cantidad conocida de alimento hasta que todo el carbono se haya eliminado. La ceniza es un componente representativo de la materia inorgánica en mayor porcentaje tiene contenido de Sílice, también contiene

elementos orgánicos como S y P de las proteínas. Pueden volatilizarse algunos elementos como Na, Cloruro, K, P y S (McDonald *et al.*, 2006).

c. Proteína bruta

Su cálculo se genera a partir del contenido de N en los alimentos, se determina por un método modificado de la técnica propuesta inicialmente por Kjeldhal hace más de 100 años se considera que el alimento tiene 16% de proteína por lo cual a la obtención de N se multiplica por la constante 6.25 (100/16), así se obtiene la cantidad de proteína que contiene un alimento (McDonald *et al.*, 2006).

d. Extracto etéreo

Esta fracción se determina sometiendo una muestra del alimento a una extracción continua de con éter de petróleo, durante un tiempo determinado. El residuo que queda tras la evaporación del solvente es el Extracto Etéreo (McDonald *et al.*, 2006).

e. Fibra bruta y extracto libres de nitrógeno (ELN)

Son fracciones de los carbohidratos, la primera se somete a ebullición con un ácido y álcali de concentraciones definidas, el residuo procedente de la extracción con éter; el residuo orgánico representa la FB. Luego restando 1.000 la suma de las cantidades correspondientes a la Humedad, cenizas, proteína bruta, EE y fibra bruta (en g/kg), se obtiene el ELN. La fracción de FB incluye celulosa, lignina y hemicelulosa (McDonald *et al.*, 2006).

5.1.3. DETERMINACIÓN DE LA ENERGÍA DIGESTIBLE (ED) Y PROTEÍNA DIGESTIBLE (PD)

Para la determinación de la energía digestible de un alimento, es necesario conocer la energía bruta de éste y la contenida en las heces procedentes de una determinada ingestión de alimento, dicha energía se determina con una bomba calorimétrica a partir del calor producido por la oxidación. La diferencia de ambas energías nos dará el valor de la energía digestible (McDonald *et al.*, 2006).

En cambio, para determinar la proteína digestible se debe realizar pruebas de digestibilidad, quiere decir que es necesario que el alimento pase por la digestión para

ser absorbida como moléculas simples. Por tanto, para su cálculo se conocerán los valores de la proteína bruta ingerida, así como la excretada en heces (McDonald *et al.*, 1999).

5.1.4. DIGESTIBILIDAD

La digestibilidad en la alimentación se define con más acierto como la fracción de alimento que no aparece en las excretas, en consecuencia, se asume que ha sido absorbida en el tracto gastrointestinal del animal. Y ésta es expresada en base a materia seca, ya sea como coeficiente o porcentaje (McDonald *et al.*, 1999).

5.1.5. MÉTODOS PARA DETERMINAR LA DIGESTIBILIDAD

Para determinar el coeficiente de digestibilidad de un nutriente en un alimento existen métodos *in vivo* directos como la recolección total de heces, indirectos cuando se usan indicadores; métodos *in situ* como la canulación ileal y finalmente los métodos *in vitro* en los cuales se usan enzimas y técnicas de fermentación. Los diferentes métodos varían en precisión y mecanismos empleados para determinar los coeficientes de digestibilidad (Osorio *et al.*, 2012). A continuación, se describirá cada una de ellas.

5.1.6. MÉTODOS *IN VIVO* (DIRECTOS): RECOLECCIÓN DE HECES

a. Metodología

En ensayos para determinar la digestibilidad *in vivo*, se suministran cantidades de alimento conocido, determinándose la excreción. Se emplean varios animales porque la capacidad digestiva varía ya sean de la misma especie, edad y sexo. Además, las repeticiones permiten detectar posibles errores en las determinaciones (McDonald *et al.*, 2006).

En ensayos con mamíferos, de preferencia se usan machos, resulta más fácil la recogida independiente de heces y orina. Los animales deben tener temperamento tranquilo y gozar de un buen estado de salud. Los pequeños animales se mantienen en jaulas metabólicas, que permite la separación de las heces y la orina mediante una serie de rejillas. En cambio, para el vacuno y ovino se utilizan equipos semejantes como los arneses para la colección de heces (McDonald *et al.*, 2006).

En lo posible el alimento a experimentar debe estar homogéneamente mezclado para que la composición sea uniforme. Luego se administra a los animales de una a dos semanas antes de la colección de heces, con el fin de que se adapten a la nueva ración y se eliminen del tracto digestivo los restos de alimentos consumidos anteriormente. Después de este periodo, en seguida viene el periodo experimental en el que se controla la ingestión de alimentos y la excreción de heces, dura entre 5 y 14 días, mientras más prolongado sea este periodo proporciona más exactitud. El suministro de comida debe ser a la misma hora sobre todo en rumiantes, el consumo no debe de variar de un día para otro esto afectaría en la producción de heces y la determinación de la digestibilidad. El ensayo se completa analizando las muestras de los alimentos empleados y de las heces recogidas (McDonald *et al.*, 2006).

5.1.7. MÉTODOS *IN VIVO* (INDIRECTOS): USO DE MARCADORES

Este método consiste en hacer uso de marcadores o indicadores externos e internos, para el primero se toma en cuenta un componente específico del forraje, que puede ser la Lignina, que son digeridos en un grado insignificante, el Sílice, en un grado limitado pero su recuperación es un problema y También se ha usado de manera razonable y de buenos resultados la Ceniza insoluble en ácido (ceniza del alimento insoluble en HCL hirviente). Para el segundo, son compuestos químicos como el óxido crómico y los elementos de tierras raras como el lantano, cerio, samario, iterbio, o disprosio; cromo fijado a fibra en un proceso de "mordentar"; y varios marcadores solubles en agua (Church *et al.*, 2002). Se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Digestibilidad Aparente (DA\%)} = 100 - \left(\frac{\%IA}{\%IE} \times \frac{\%NE}{\%NA} \right)$$

Dónde:

IA: Indicador de alimento

IE: Indicador de excreta

NE: Nutriente excretado

NA: Nutriente de alimento

Con esta fórmula se puede evaluar uno o todos los nutrientes sin conocer el consumo y excreta total. Es aplicable para animales alimentados en grupos (corrales), en

potreros y en régimen extensivo. Al usar el método de los indicadores, no se requiere recolectar la totalidad de las heces, con una muestra de 100 g es suficiente para calcular el contenido del indicador y realizar los demás análisis bromatológicos de estas, lo que facilita en gran medida la realización de los experimentos (Church *et al.*, 2002).

5.1.8. MÉTODOS *IN VITRO*

Este método se usa debido a los altos costos que demanda las pruebas de digestión sobre todo en vacunos, esta técnica permite la simulación en condiciones controladas la fermentación que tiene lugar en el rumen. Se han creado varios métodos, unos mejores que otros, así como la prueba en lote que consiste en extraer el líquido ruminal de un animal que lleva una cánula en el rumen, luego en un recipiente el líquido se mezcla con una solución buffer (simula la saliva), ésta mezcla se lleva a fermentación a 39° por 24 a 48 horas. Otro método que consiste en la utilización de fermentadores continuos, si estos se diseñan y se mantienen de manera adecuada, se puede simular la ingesta y la salida de éste del rumen por 24 horas o semanas, resultando más eficaz que el primero. Estos métodos son útiles para seleccionar forrajes o caracterizarlos de manera general, también se puede estudiar la función del rumen y el metabolismo de compuestos específicos como saber qué tipo de N no proteicos son utilizados por los microorganismos y la producción de ácidos grasos volátiles a partir de una dieta elaborada de diferentes maneras (Church *et al.*, 2002).

5.1.9. MÉTODOS *IN SITU*

Emplea la técnica de la bolsa de nylon, en el cual se coloca un tipo de alimento en una bolsa nylon (o cualquier otro tejido que no sea digerible) en el rumen, después de un periodo se extrae y se determina la pérdida del material por la fermentación. Esta técnica puede resultar más útil para estudiar la digestión ruminal de granos, pero no para obtener valores similares a los de las pruebas de digestibilidad con animales vivos (Church *et al.*, 2002).

5.1.10. TIPOS DE DIGESTIBILIDAD

a. Digestibilidad aparente

Se considera al material del alimento no absorbido y otros componentes de fuentes endógenas que aparecen en las heces provenientes del desprendimiento de la mucosa intestinal o secreciones digestivas tales como el nitrógeno, lípidos, carbohidratos y sustancias inorgánicas. Por tanto, la digestibilidad aparente muestra la diferencia entre la cantidad ingerida de un nutriente y la cantidad que aparece en la excreta (Church *et al.*, 2002). “Los coeficientes de digestibilidad aparente tienen la exactitud suficiente para la mayoría de las necesidades prácticas son las que aparecen en las tablas de valor nutritivo de los alimentos” (Bondi, 1988). Se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Digestibilidad Aparente (DA\%)} = \frac{\text{Ingestión de nutrientes} - \text{nutrientes en las heces}}{\text{Ingestión de nutrientes}} \times 100$$

b. Digestibilidad real

La digestibilidad real de un nutriente es la proporción del alimento ingerido que es absorbido en el conducto gastrointestinal, con exclusión de cualquier aportación hecha por fuentes corporales (endógenas). Por ello para determinar la digestibilidad real de la proteína se debe tener en cuenta el nitrógeno (N) fecal, producto de la dieta ingerida al cual se denomina como N exógeno (que no proviene del tejido corporal); en cambio al derivado de los tejidos del cuerpo se denomina N metabólico fecal (Church *et al.*, 2002). De este modo se obtiene información más aproximada al verdadero aprovechamiento de los nutrientes por parte del animal. Se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Digestibilidad Verdadera (DV\%)} = \frac{AC \times NC - ((CH \times NE) - PE)}{AC \times NC} \times 100$$

Donde:

AC: Cantidad de alimento consumido.

CH: Cantidad de heces.

NC: Concentración del nutriente consumido.

NE: Concentración nutriente excretado.

PE: Pérdida endógena del Nutriente

c. Digestibilidad por diferencia

Este método consiste en la evaluación de la digestibilidad de un alimento mezclado con otro o más alimentos, ya que un tipo de alimento no se utiliza como una dieta completa en sí. Por ello es necesario determinar la digestibilidad por diferencia, para ello se utiliza una dieta basal (mezcla de alimentos mínima para el mantenimiento del organismo), ésta más la dieta de prueba se administran a uno o más niveles, los animales son alimentados de manera alternada con la dieta basal y la dieta basal más la dieta de prueba (Church *et al.*, 2002). Después de determinar la digestibilidad de las dietas completas, la digestibilidad del alimento en prueba se calcula con la siguiente fórmula:

$$D_p = \frac{D_{p+B(\%)} - DB(\%)(NB+p)}{N_p \times NB+p}$$

Donde:

D: Digestibilidad

p: Alimento de prueba

B: Alimentación basal

N: Fracción del nutriente

5.1.11. FACTORES QUE AFECTAN LA DIGESTIBILIDAD

a. Composición de alimentos

La digestibilidad de los alimentos guarda estrecha relación con la composición química, así como la cebada, cuya composición varía poco de unas partidas a otras, presenta ligeras variaciones en la digestibilidad. En caso de hierbas frescas y conservadas, presentan una composición menos constante, lo que genera una digestibilidad más variable. La digestibilidad se ve más afectada por las fracciones de la fibra presentes en el alimento, teniendo en cuenta tanto la cantidad como la composición química. Así como las especies gramíneas de zona tropical son menos digestibles que de las zonas templadas porque las hojas contienen más lignina, ésta

presenta densas masas celulares que son resistentes a la invasión de microorganismos. No obstante, la digestibilidad de alimentos se puede ver afectada por la deficiencia de nutrientes u excesos de los mismos sobre todo en los rumiantes (McDonald *et al.*, 2006).

b. Composición de la ración

La combinación de alimentos, así como un alimento grosero y un concentrado amiláceo cuyas digestibilidades son diferentes, el valor de la digestibilidad de la ración global no será el esperado debido al efecto asociativo de los alimentos, que obstaculiza la determinación de la digestibilidad por diferencia de los alimentos concentrados. Ya que la rápida fermentación del almidón baja el pH del rumen que a su vez inhibe la producción de microorganismos celulíticos, bajando la digestibilidad de la fibra, lo cual se puede contrarrestar adicionando a la ración un agente tampón como el bicarbonato de sodio (McDonald *et al.*, 2006).

c. Modo de preparación de los alimentos

Los tratamientos de los alimentos más conocidos son el picado, troceado, aplastamiento, molienda y cocción. Para obtener mayor digestibilidad se deben aplastar los granos de cereales para vacunos y moler para cerdos, en cambio para ovinos no necesita un procesado mecánico porque mastican bien (McDonald *et al.*, 2006).

Hay diversos tratamientos para reducir el tamaño de los alimentos groseros desde el picado, la compresión que afectan poco en la digestibilidad. Más al contrario la molienda fina, tiene un marcado efecto sobre el modo en la que se digieren los alimentos groseros y por lo tanto pueden reducir la digestibilidad de la fibra bruta hasta 20 unidades de porcentaje y de la materia seca de 5-10 unidades. Ya que la molienda mejora la apeticibilidad de alimentos groseros en rumiantes (McDonald *et al.*, 2006).

La digestibilidad de pajas de cereales se puede mejorar añadiendo álcalis (hidróxido sódico o amónico). En ocasiones se aplica tratamiento térmico, como la cocción de papas para cerdos, también el calor puede aplicarse en otros alimentos, resultando más eficaz con la finalidad de inactivar los inhibidores de enzimas existentes en algunos insumos (McDonald *et al.*, 2006).

d. Suplementación de los alimentos con enzimas

Los monogástricos, que no pueden degradar muchos componentes de los alimentos, en su dieta se añaden enzimas (de origen fúngico) así como la B-glucanasa que coopera en la degradación de glucanos en raciones que contienen cebada, para las gallinas. Otra enzima que se incorpora en las reacciones es la fitasa, lo cual ayuda en la degradabilidad del ácido fítico que a su vez reduce las necesidades de suplementar con fósforo las raciones. También se han utilizado preparaciones enzimáticas para otros componentes polisacáridos de los cereales, todo con el fin de mejorar la digestibilidad (McDonald *et al.*, 2006).

e. Factores dependientes del animal

El nivel de digestión varía de un mismo alimento suministrado a diferentes animales. El factor más importante es la especie a la que pertenece, los alimentos fibrosos son mejor digeridos por los rumiantes que por los no rumiantes. Los cerdos tienen mayor coeficiente de digestibilidad de las proteínas respecto a los rumiantes, ya que la excreción de N metabólico en las heces es menor. Los granos de cereales (muy digestibles), son digeridos con más eficacia por los ovinos, y alimentos groseros ya sea de mala calidad, son mejor digeridos por los vacunos (McDonald *et al.*, 2006).

f. Nivel de alimentación

La digestibilidad se ve afectada cuando aumenta la cantidad consumida de un cierto tipo de alimento, el paso por el tracto digestivo es más rápido y se expone por menor tiempo a la degradación de enzimas. Quiere decir que la mayor reducción de la digestibilidad es para los componentes de los alimentos con digestión más lenta, la pared celular (McDonald *et al.*, 2006).

5.1.12. KIWICHA (*Amaranthus caudatus* L.)

Conocida también como amaranto, es considerada como uno de los cultivos más antiguos del Perú, es ampliamente cultivada en los valles interandinos de las regiones Apurímac, Arequipa y Cusco hasta los 3000 msnm (Roque, 2019).

Según Mujica *et al.*, (1997) citado por (Huillca, 2013) señala que la planta del amaranto pertenece a la familia de las amarantáceas la misma posee 70 géneros y

más de 850 especies. Es una especie anual, herbácea o arbustiva de diversos colores que van del verde al morado o púrpura con distintas coloraciones intermedias. La kiwicha también exige un clima cálido a relativamente cálido y agua en cantidades adecuadas, los mejores resultados del cultivo de la kiwicha se han producido a nivel de 2800 a 3000 msnm en el valle sagrado de Calca y Urubamba, en la región de Cusco (Sumar, 1993)

a. Características agrobotánicas

La kiwicha tiene una raíz típica de 30 a 40 cm de profundidad, con ramificaciones de numerosas raíces secundarias, también presenta un tallo de forma cilíndrica con surcos longitudinales superficiales de un color verde amarillento, llegando a medir 1.60 m en promedio y 3 cm de diámetro en promedio, en cuanto a las hojas, éstas tienen una forma romboidea, son grandes y simples de un color verde amarillento que mide entre 9.0 a 18 cm. La inflorescencia viene en una panoja semi erecta, densa y compacta de forma amarantiforme intermedia de un color rosado intenso que puede llegar a medir hasta 70, con 15 cm de diámetro en promedio. Las flores son estaminadas y pistiladas con abundante producción del polen. Las Semillas son de forma circular lenticular de color blanco amarillento opaco de 1.0 a 1.5 mm. de diámetro. Castelo (2012) citado por (Huillca, 2013).

El Periodo vegetativo del amaranto en los valles es de 6 a 8 meses, en climas cálidos el periodo vegetativo es corto que va de 4 a 5 meses. El rendimiento de grano es variable entre 2200 a 3000 kg por hectárea en los valles. Castelo (2012) citado por (Huillca, 2013).

b. La kiwicha como residuo de cosecha

Se considera como residuo de cultivo agrícola al rastrojo de kiwicha, que queda después de recoger el grano. La misma que después de la cosecha separado de los tallos más groseros se puede utilizar para diversificar la alimentación animal ya que tiene buen valor nutritivo (Cervantes, 1987).

Existen muchos residuos de diferentes cultivos agrícolas, así como el rastrojo de kiwicha, el rastrojo de maíz, entre otros que generalmente se incorporan en la

alimentación de vacunos, en cambio para cuyes aun es limitada su incorporación (Puelles, 2019)

5.1.13. LEUCAENA (*Leucaena trichodes*)

Según la identificación o reconocimiento botánico de la “chamba” que se encuentra en el valle de la Convención de nuestra región pertenece a la familia *leguminosae*, a la subfamilia *mimosoidae*, al género *leucaena*, a la especie *leucaena trichodes* y de nombre común chamba. Es una especie de diversas aplicaciones en la actividad agropecuaria (Mar, 1987).

a. Características agrobotánicas

La leucaena presenta una raíz primaria que se desarrolla de la radícula (raíz rudimentaria) del embrión de la semilla. Es la primera y principal raíz durante toda la vida de la planta. De allí nacen las raíces secundarias en forma de ramas, estas a su vez dan lugar a las raíces terciarias. La raíz de esta planta presenta nódulos que son característicos de las fabáceas. En esta fabácea el tallo es leñoso; algunas son más ramificadas que otras, en el caso de los rebrotes, los tallos son primero flexibles y luego se vuelve maduros (leñosos). Las hojas son compuestas, con cinco pares de foliolos ovalados, cuyo ápice termina en una uña muy pequeña. Las hojas caen al mismo tiempo que se van renovando, de tal forma, que permanecen con hojas todo el año y la planta se ve siempre verde. El mejor uso forrajero constituye las hojas antes de la floración, por su buen contenido de proteína y porque permite que la frecuencia de corte sea menor. Presentan inflorescencia en cabezuela circular (radiada), son de tamaño pequeño, que tienen forma de motas del color blanco, que luego se tornan amarillo. El fruto se presenta en forma de vaina, son dehiscentes, se abren por la línea de unión de los bordes del capelo y por la línea del nervio dorsal de la hoja carpelar. Cada vaina contiene de 7 a 16 semillas y cuando están maduras son de color marrón, de consistencia dura y la mayor época de floración corresponde a los meses de noviembre a enero, y la época con mayor producción de frutos maduros corresponde a los meses de julio a setiembre (Mar, 1987).

b. Análisis químico de la *Leucaena trichodes*

Tabla 1. Composición química de la *Leucaena trichodes* (%)

Componente	Hojas		Semillas
	antes de la floración	en floración	
MS, %	89.74	91.27	91.13
PB, %	35.51	27.61	31.74
EE, %	3.08	4.02	1.88
FB, %	15.63	17.05	8.44
Ce, %	8.71	9.82	5.04
ELN, %	10.58	32.77	44.03

Fuente: Mar (1987)

Leyenda: MS: materia seca; PB: proteína bruta; EE: extracto etéreo; FB: fibra bruta; Ce: ceniza y ELN: extracto libre de nitrógeno.

c. *L. leucocephala* y *L. trichodes*

Según el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza [CATIE, 1986] la *Leucaena leucocephala* es una de las leguminosas con más amplia variedad de uso en las zonas tropicales, éste se usa como forraje, leña, carbón, madera, fertilizante orgánico y alimento humano. También es utilizada como rompevientos, cortafuegos, sombra, ornamentación, en la reforestación y recuperación de laderas. Su producción es fácil y una vez establecida en terrenos favorables puede llegar a comportarse como una maleza.

El follaje y ramas tiernas de la *Leucaena leucocephala* contienen nutrientes como proteína, vitaminas, minerales y fibra. Se ha utilizado para alimentar el ganado, búfalos, cerdos, cabras, ovejas, pollos, peces y conejos; las semillas tiernas se emplean en la alimentación humana y sirven para producir harina. Además, esta especie se comporta como un árbol melífero y tiene la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico aumentando el contenido de nitrógeno al suelo por lo que se usa para el mejoramiento y restauración de la fertilidad de los suelos y tiene potencial como abono verde. No obstante, es empleada también asociada con cultivo de maíz, frijoles, cacao y gramíneas forrajeras, aunque puede competir por el espacio radicular (CATIE, 1986).

Tabla 2. Composición bromatológica y energía de *Leucaena leucocephala* cv. Perú en dos edades de corte.

Componente	Edad de corte (días)			
	98		143	
	Hoja	Tallo	Hoja	Tallo
MS, %	90.30	92.80	90.78	93.24
PB, %	20.30	6	19.90	5.47
Hemicelulosa, %	5.94	--	5.57	--
Celulosa, %	11.36	--	13.03	--
Lignina, %	11.65	--	14.18	--
Mimosina, %	0.97	0.20	0.80	0.18
Sílice, %	0.07		0.13	--
EB (kcal/kg MS)	4330	4120	4300	4170

Fuente: (Saavedra *et al.*, 1985)

Leyenda: MS: materia seca; PB: proteína bruta y EB: energía bruta.

De acuerdo con la información bibliográfica revisada de modo general el género de la leucaena es considerada una de las leguminosas ampliamente distribuida en los países tropicales con múltiples usos y beneficios para el medio ambiente, el hombre y los animales y se encuentran de manera natural y/o cultivada. A través de los años de este género la más estudiada ha sido la *L. leucocephala* especialmente en los rumiantes no siendo así con la *L. trichodes* que carece de información actualizada sobre todo en lo referente a la composición nutricional y digestibilidad en los monogástricos como los cerdos, conejos y cuyes.

Tabla 3. Consumo y digestibilidad *in vivo* en carneros de hojas de *Leucaena leucocephala* cv. Perú en dos edades de corte

Consumo y digestibilidad aparente	Edad de corte (días)	
	98	143
Consumo (g MS/kg ⁷⁵)	61.00	58.23
MS, %	64.36	55.19
PB, %	6	58.59
EB, %	61.40	54.11
Celulosa, %	74.40	76.88
Hemicelulosa, %	65.96	58.27
Lignina, %	31.86	30.06

Fuente: (Saavedra *et al.*, 1985)

Leyenda: MS: materia seca; PB: proteína bruta y EB: energía bruta.

d. La mimosina en la leucaena

En los vegetales superiores se conocen cerca de 300 aminoácidos naturales, solamente una veintena son constituyentes normales de las proteínas. En otros términos, la gran mayoría de estos compuestos (aminoácidos, amidas) pueden considerarse formando parte de los metabolitos secundarios. Muchos se encuentran al estado libre, excepto en los hongos, donde se unen a veces en pequeños polipéptidos. La mimosina, pertenece a este grupo de aminoácidos no proteicos, este aminoácido heterocíclico, es tóxico para los animales monogástricos. Quelante de metales, inhibidor del piridoxal fosfato, competidor de la tirosina, es responsable de la pérdida de la lana en los ovinos. Las especies involucradas pertenecen a los géneros *leucaena* y *mimosae* (Brunetton, 1991). El contenido de la mimosina puede variar de acuerdo a las variedades y estado de crecimiento, quiere decir que las hojas tiernas tienen mayor contenido que varía entre 2 a 5% de la MS en el follaje y alrededor del 3% de la MS en la harina de semillas (CATIE, 1986).

5.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

5.2.1. ANTECEDENTES NACIONALES

Cervantes (1987) en su estudio sobre “Digestibilidad aparente de las granzas de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) en ovinos” planteó como objetivos determinar la composición química y hallar los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes de las granzas de kiwicha, además de conocer el valor energético del alimento a través de los nutrientes digestibles totales. Para lo cual se usó seis ovinos machos enteros mejorados, estos fueron sometidos a las mismas condiciones de estabulación y permanencia en sus jaulas metabólicas individuales de madera provistos de comederos y bebederos, respectivamente. Los periodos de adaptación y experimentación duraron 10 días cada una, donde se suministró la granza de kiwicha en cantidades iguales dos veces al día. El alimento rechazado fue pesado diariamente para estimar el alimento consumido. Para determinar el valor nutricional de las muestras tanto de la granza y las heces se utilizó el análisis proximal de Wendee en los laboratorios del proyecto *Amaranthus*. Los resultados del análisis para la MS, PB, EE, FB, Ce Y ELN fueron de 91.38%, 10.67%, 2.86%, 47.24%, 13.63% y 25.60%, respectivamente y los coeficientes de digestibilidad fueron 49.89%, 37.56%, 62.29%, 58.51%, 32.88% y 46.83% para la MS, PB, EE, FB, Ce y ELN, respectivamente.

Vargas (1989) en su tesis titulada “Digestibilidad *in vivo* de las granzas de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) en conejos” indica que tuvo como objetivo evaluar la composición química y el coeficiente de digestibilidad de la granza de kiwicha. El método usado en el experimento fue el de *in vivo*, por consumo voluntario mediante alimentación prolongada y colección total de heces. Obteniéndose una digestibilidad aparente por diferencia a cuyo propósito se han tomado los resultados del ensayo previo de digestibilidad *in vivo*, en similares condiciones, del heno de alfalfa como alimento problema. Además, en el ensayo se usaron ocho conejos mejorados (cuatro hembras y cuatro machos) que fueron confinados individualmente en sus jaulas metabólicas. El periodo de acostumbramiento fue de 23 días y el de experimentación fue de 10. El alimento fue ofrecido en forma de gránulos que contenía un 50% de heno de alfalfa y 50% de granza de kiwicha. Las muestras de alimento y heces fueron determinadas por el análisis proximal de Weende. Los resultados de la composición química de la granza de kiwicha fueron para la MS, PB, EE, FB, Ce y ELN de 91.34%,

12.12%, 2.12%, 33.70, 17.81 y 34.25% y en cuanto a los coeficientes de digestibilidad los valores obtenidos fueron de 53.18%, 52.23%, 65.77%, 53.89% y 55.22% de MS, PB, EE, FB y ELN, respectivamente, finalmente el valor de la ED fue 2.05 Mcal/kg MS.

Torres *et al.*, (2010) indican en su estudio denominado “Valoración químico nutricional de recursos alimenticios, conocimiento base para mejorar la competitividad y la sustentabilidad de la ganadería bovina del sur peruano” con el objetivo de sistematizar el análisis químico nutricional de recursos alimenticios para bovinos. La misma que tuvo como lugar de ejecución las principales zonas de producción de bovinos como es Arequipa, Puno y Cusco en un plazo de 30 meses. Contando con la participación de la Universidad Católica de Santa María en alianza con la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de Lima, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Universidad del Altiplano de Puno y la empresa GLORIA S.A. Los equipos profesionales de cada universidad contaron con especialistas provenientes de las cuatro universidades de la alianza. Quienes analizaron las muestras de alimentos en el Laboratorio de Nutrición y Alimentación Animal de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa. Las muestras fueron provistas por productores de las tres zonas de influencia del proyecto; siendo procesadas utilizando la misma metodología de análisis. Los datos que muestran son provenientes del análisis de forrajes verdes (pasturas y cultivos anuales), conservados (henos y ensilajes), productos y subproductos de agroindustria, residuos de cosecha e insumos para concentrados; efectuado entre los años 2008 y 2009. Cuyo resultado muestra el análisis de 108 muestras. La determinación de MS, Ce, PB y EE fueron efectuadas con la técnica de la AOAC (1990) y para la determinación de fibras detergentes se utilizaron las técnicas de Van Soest *et al.*, (1991). En cuanto a la zona de Cusco en la provincia de Anta en época seca el resultado de la composición química de la broza(panoja) de kiwicha (*Amaranthus caudatus L.*) fue como sigue: 86.94%, 10.13%, 1.46%, 13.75% de MS, PB, EE y Ce, respectivamente, y 35.70%, 28.03% y 7.01 de FDN, FDA y L, respectivamente, así mismo la ED fue de 1.83 Mcal/kg MS.

Vargas (2023) en su tesis de investigación titulada “Digestibilidad de la harina de alfalfa (*Medicago sativa L.*) y afrecho de cebada (*Hordeum vulgare*) en cuyes (*Cavia porcellus L.*) planteó como objetivo general evaluar la composición química y la

digestibilidad aparente de los diferentes nutrientes de la harina de alfalfa y afrecho de cebada en cuyes, a través de la digestibilidad *in vivo*. En cuyo ensayo se utilizaron 21 cuyes entre machos y hembras con 50 días y 795 g de peso vivo promedio, los cuales fueron distribuidas aleatoriamente en jaulas metabólicas, disponiendo siete para la dieta basal, siete para dieta harina de alfalfa y siete cuyes para dieta afrecho de cebada. La composición química de los nutrientes fue determinada usando el método de la AOAC, los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes de cada una de las dietas se hallaron por diferencia entre las cantidades de nutriente ingerida y nutriente excretada en las heces y las digestibilidades de los nutrientes de las materias primas se calcularon por el método de sustitución. El trabajo tuvo un periodo de adaptación de 10 días y un periodo de experimentación de cinco días donde se midió el alimento consumido y producción de excretas de cada uno de los cuyes. Los resultados de coeficientes de digestibilidad aparente alcanzados para la harina de alfalfa fueron: $61.35 \pm 3.80\%$ de MS, $61.43 \pm 3.75\%$ de MO, $70.99 \pm 2.62\%$ de PB, $38.35 \pm 4.40\%$ de EE, $66.21 \pm 6.51\%$ de CE, $54.52 \pm 7.68\%$ de FB, $63.66 \pm 6.61\%$ de ELN y $59.27 \pm 3.74\%$ de EB, asimismo el estimado del valor energético de ED fue de 2473 ± 155.85 (kcal/kg MS); y los resultados de coeficientes de digestibilidad aparente alcanzados para el afrecho de cebada fueron: $42.82 \pm 4.22\%$ de MS, $42.04 \pm 4.08\%$ de MO, $76.74 \pm 8.56\%$ de PB, $61.87 \pm 8.18\%$ de EE, $51.86 \pm 15.47\%$ de CE, $19.45 \pm 9.80\%$ de FC, $37.24 \pm 4.17\%$ de ELN y $43.43 \pm 3.61\%$ de EB, asimismo el estimado del valor energético de ED fue de 1929 ± 160.18 (kcal/kg MS). Concluyendo que la harina de alfalfa para cuyes es superior al afrecho de cebada con 13.76% de PBD y 2473 kcal/kg MS de ED.

5.2.2. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Sánchez *et al.*, (2007) en su estudio denominado “Evolucion comparada de la composición química con la edad al corte en las especies *Leucaena leucocephala* y *L. trichodes*” plantearon como objetivo evaluar el efecto de la edad de corte en la composición química y la digestibilidad *in vitro* de la MO (DIVMO) en especies de *Leucaena leucocephala* (Ll) y *L. trichodes* (Lt). El diseño experimental usado fue completamente al azar en arreglo factorial 2x5, con tres repeticiones de ocho plantas cada una. El estudio estadístico incluyó la especie y la EC como factores fijos y las interacciones de los mismos. Los resultados esperados fueron los siguientes : la Lt

mostró los mayores contenidos ($P < 0,001$) de PB, FND y FAD (25.7 vs. 24.3; 33.8 vs. 30.5 y 24.3 vs. 22.1%, respectivamente). La EC afectó de forma moderada todas las variables de composición química estudiadas, disminuyendo el contenido en PB y aumentando todos los demás nutrientes. Estas variaciones fueron siempre más moderadas en Lt. Los mayores valores ($P < 0,001$) de DIVMO fueron en LI (80.7 vs. 77.7%). En consecuencia, no existen diferencias de importancia en el valor nutritivo de ambas especies.

Aye y Adegun (2013) en su trabajo de investigación denominada “Composición química y algunas propiedades funcionales de la harina de hojas de Moringa, *Leucaena* y *Gliricidia*” donde plantearon como objetivo principal evaluar el potencial de la harina de hojas de Moringa oleífera como fuente alternativa de proteína para ganado en comparación con la harina de hojas de la *Leucaena leucocephala* y *Gliricida sepium*. Cuyo ámbito de estudio fue la Selva tropical de Nigeria, donde realizaron análisis químico de la composición química, mineral, factores antinutricionales y algunas propiedades funcionales de la harina de las hojas de las tres materias primas siguiendo varios métodos y procedimientos. Parte de los resultados obtenidos fue la composición nutricional de la harina de hojas de *Leucaena leucocephala*, cuyos resultados fueron: 92.75% de MS, 8.93% de Ce, 27.31 de PB, 9.48 de FB, 12.40 de EE, 34.64% de ELN y 16.140 MJ/Kg-1 de EB. Además de importante contenido de calcio y zinc de 4.13 y 5.07%, respectivamente. Y contiene alcaloide alrededor de 5.78%. De acuerdo a los resultados obtenidos los autores concluyeron que la Moringa se compara bien en valor nutritivo con *Gliricidia* y *Leucaena*. Estas contienen suficientes cantidades de proteína cruda y minerales y pueden servir como fuentes alternativas de concentrado de proteína de hoja para toda clase de ganado.

Safwat *et al.*, (2015) en su estudio de investigación denominada “Evaluación de la digestibilidad de nutrientes de dietas que contienen harinas de hojas de *Leucaena leucocephala* o *Moringa oleífera* para conejos en crecimiento mediante dos métodos” donde señalan que tuvieron como objetivo evaluar la digestibilidad de dietas con 30% y 40% de inclusión de la harina de hojas de *L. leucocephala* (HHL) y *M. oleífera* (HHM) de conejos y también comparar dos métodos de recolección total y marcadores de TiO_2 para estimar la digestibilidad. Para lo cual usaron 30 conejos en crecimiento de

California (1.81 ± 0.19 kg de peso vivo en promedio) que fueron distribuidas aleatoriamente en cinco grupos experimentales de seis conejos cada uno y se alojaron en jaulas individuales. Los grupos fueron: control, 30% HHL, 40% HHL, 30% HHM y 40% HHM. Todos los grupos recibieron dietas granuladas durante dos semanas; las dietas también contenían 4 g/kg de dióxido de titanio como marcador dietético. Los resultados obtenidos al añadir 30% y 40% de harina de hojas de la *L. leucocephala* en la dieta de conejos en cuanto al consumo fueron de 95.61 y 93.04 g/día de MS, respectivamente. Y los coeficientes de digestibilidad aparente fueron de 59.14 y 54.33% de MS, 61.44 y 59.12% de MO, 64.84 y 61.07% de PB, 45.02 y 51.69 de FB, 47.81 y 49.99% de FAD, 62.06 Y 59.97% de EB. Además, la ED estimada fue de 2,581 y 2,553 kcal/kg MS, respectivamente. En base a los resultados los autores concluyen que no hubo diferencias en el consumo de alimento entre los grupos experimentales, los CD de la HHM fueron generalmente mayores que las HHL. Se obtuvieron resultados similares para los coeficientes de digestibilidad aparente de nutrientes cuando se utilizó el método de recolección total y de marcador indigestible.

Zambrano (2017) en su tesis titulada “Utilización de harina de *L. leucocephala* para la alimentación de cuyes en la etapa de crecimiento – engorde” señala que tuvo como objetivo evaluar tres niveles de harina de leucaena (10, 20 y 30%) para la alimentación de cuyes en crecimiento-engorde, para ser comparados con un tratamiento testigo. Se aplicó un Diseño Completamente al Azar con arreglo combinatorio, donde el factor “A” fueron los niveles de harina de leucaena y el factor B el sexo. Este experimento tuvo lugar en la Escuela Politécnica de Chimborazo-Riobamba-Ecuador en la cual se usaron 80 animales (40 machos y 40 hembras) con 15 días y peso promedio de 300 g La fase de adaptación duró 15 días y la experimental 75. Parte del estudio fue evaluar la composición bromatológica de la leucaena, la cual se determinó que la MS es de 86.75%, proteína de 18.87% y la ceniza de 11.13%, de modo que estos valores cumplen con los requerimientos nutritivos para considerarse parte de la dieta de los cuyes en la etapa de crecimiento engorde. También se concluyó que las mejores respuestas se obtuvieron al incluir en la dieta el 20% de harina de leucaena (T2), por cuanto los cuyes presentaron mayores ganancias de peso (641.15 g), consumo de balanceado (2254.32 g), consumo total de alimento (4362.25 g), y rendimiento a la canal (74.40%), así como también la menor conversión alimenticia (6.80), seguida del 10% y por último al 30% de inclusión que mostraron bajas respuestas. También se

reportó que los mejores consumos y ganancia de peso se registraron en machos que en hembras.

Martinez y Muñoz (2017) en su trabajo de investigación titulada “Determinación de la composición química y nutricional de *Leucaena diversifolia* como alternativa forrajera para la meseta de Popayán Cauca-Colombia” plantearon como objetivo general determinar la composición química y nutricional de la *Leucaena diversifolia*. Para lo cual realizaron diversos análisis químicos y determinaron el contenido de MS, usando estufa a 105°C, por seis horas; la PB fue determinada por el método clásico de Kjeldahl; EE, por método de calor, usando el extractor “Golfisch” y éter de petróleo como solvente; la fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) por el método de Van Soest; la energía bruta (EB) por la bomba calorimétrica y la Ce, por ignición de la muestra a 600 °C por cuatro horas. Cuyos valores obtenidos fueron 94.07% de MS, 21.81 de PB, 13.44% de EE, 6.6% de Ce y 4,843.51 Kcal/g MS de EB. De acuerdo a los valores obtenidos, los autores consideraron a la *Leucaena diversifolia* como una buena opción forrajera, por su alto valor proteico (21%) y energético (2232.29 cal/g MS), aunque su elevado contenido de fibra detergente neutra (54.75%), limite un poco la digestibilidad de nutrientes totales (DNT) aprovechando solo el 75.8%.

Campos *et al.*, (2020) en su estudio titulado “Composición química y valor nutricional de las hojas y vainas de *L. leucocephala*, *Prosopis laevigata* y *Acacia farnesiana* en un matorral xerófilo” señalan como objetivo principal que fue determinar el valor nutricional de tres árboles leguminosos fuertemente seleccionados por cabras en un cultivo matorral xerófilo. Los análisis de la composición química de las hojas y vainas fueron realizados usando las técnicas de la AOAC (2000). En consecuencia, los valores de PB, EE, Ce y la digestibilidad de la MS *in vitro* de las hojas de la *Leucaena leucocephala* fueron 21.9%, 4.1%, 8.7% y 54.9%, respectivamente. Los autores concluyeron que las hojas y vainas de la leucaena, mezquite y huisache son forrajes de alto valor nutricional debido al alto contenido de PB y bajo contenido de fibra, también presentan características moderadas de fermentación *in vitro* y alto contenido mineral.

5.2.3. RESUMEN

Tabla 4. Composición química de la kiwicha

Insumos	Componentes (%)						Autores
	MS	PB	EE	FB	Ce	ELN	
Granza kiwicha	91.38	10.67	2.86	47.24	13.63	25.60	Cervantes (1987)
Granza kiwicha	91.34	12.12	2.12	33.70	17.81	34.25	Vargas (1989)
Broza kiwicha	86.94	10.13	1.46	--	13.75	--	Torres <i>et al.</i> , (2010)

Leyenda: MS: materia seca; PB: proteína bruta; EE: extracto etéreo; FB: fibra bruta; Ce: ceniza y ELN: extracto libre de nitrógeno.

Tabla 5. Coeficiente de digestibilidad de la granza de kiwicha

Especie	Coeficiente de digestibilidad (%)						ED (Mcal/kg MS)	Autores
	MS	PB	EE	FB	Ce	ELN		
Ovino	49.89	37.56	62.29	58.51	32.88	46.83	--	Cervantes (1987)
Conejo	53.18	52.23	65.77	53.89	--	55.22	2.05	Vargas (1989)

Leyenda: MS: materia seca; PB: proteína bruta; EE: extracto etéreo; FB: fibra bruta; Ce: ceniza; ELN: extracto libre de nitrógeno y ED: energía digestible

Tabla 6. Composición química de diferentes especies del género leucaena

Insumos	Componentes (%)						EB (Kcal/kg MS)	Autores
	MS	PB	EE	FB	Ce	ELN		
<i>L. leucocephala</i>	90.30	20.30	--	--	--	--	4,330	Saavedra <i>et al.</i> , (1985)
<i>L. trichodes</i>	89.74	35.51	4.02	15.63	8.71	10.58	--	Mar (1987)
<i>L. trichodes</i>	--	25.6	--	--	--	--	--	Sánchez <i>et al.</i> , (2007)
<i>L. leucocephala</i>	--	24.4	--	--	--	--	--	Sánchez <i>et al.</i> , (2007)
<i>L. leucocephala</i>	92.75	27.31	12.40	9.48	8.93	34.64	--	Aye y Adegun (2013)
<i>L. diversifolia</i>	94.07	21.81	13.44	--	6.6	--	4,844	Martínez y Muñoz (2017)
<i>L. leucocephala</i>	86.75	18.87	--	--	11.13	--	--	Zambrano (2017)
<i>L. leucocephala</i>	--	21.9	4.1	--	8.7	--	--	Campos <i>et al.</i> , (2020)

Leyenda: MS: materia seca; PB: proteína bruta; EE: extracto etéreo; FB: fibra bruta; Ce: ceniza; ELN: extracto libre de nitrógeno y EB: energía bruta.

Tabla 7. Coeficiente de digestibilidad de forrajes proteicos.

Insumo	Coeficiente de digestibilidad (%)							ED (kcal/ kg MS)	Autores
	MS	MO	PB	EE	FB	Ce	ELN		
<i>Ll</i>	64.36	--	61.76	--	--	--	--	--	Saavedra <i>et al.</i> , (1985)
<i>Ll</i>	--	80.7	--	--	--	--	--	--	Sánchez <i>et al.</i> , (2007)
<i>Lt</i>	--	77.7	--	--	--	--	--	--	Sánchez <i>et al.</i> , (2007)
<i>Ll</i>	59.14	61.44	64.84	--	45.02	--	--	2,581	Safwat <i>et al.</i> , (2015)
<i>Ll</i>	54.9	--	--	--	--	--	--	--	Campos <i>et al.</i> ,(2020)
Alfalfa	61.35	61.43	70.99	38.35	54.52	66.21	63.66	2,473	Vargas (2023)

Leyenda: *Ll*: *leucaena leucocephala*; *Lt*: *Leucaena trichodes*; MS: materia seca; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; EE: extracto etéreo; FB: fibra bruta; Ce: ceniza; ELN: extracto libre de nitrógeno y ED: energía digestible.

VI. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

6.1. LUGAR Y DURACIÓN DE ESTUDIO

6.1.1. LUGAR

El presente trabajo experimental se desarrolló en el Bioterio de Nutrición animal de la Escuela Profesional de Zootecnia, ubicado en el área de suelos de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, la misma que está comprendida en la jurisdicción del distrito de San Jerónimo, Provincia y Departamento de Cusco.

a. Descripción del bioterio

El experimento se desarrolló en un ambiente con un área total de 27.33 m² con piso de mayólica donde estaban instaladas dos módulos de jaulas metabólicas individuales de acero inoxidable con medidas de 0.40 m largo, 0.26 m ancho y 0.26 m alto, provistas de comederos móviles y bebederos tipo chupón con piso de malla y por debajo una bandeja acondicionada para la colección de heces y de orina por separado. Así mismo el ambiente constó de un control automático de temperatura promedio de 20 °C, humedad relativa de 50% y ventilación tres veces por día de esta manera se proveyó una zona de confort a los animales.

6.1.2. DURACIÓN

El presente estudio se desarrolló durante 10 meses que incluye el acondicionamiento del ambiente, formulación y preparación de dietas experimentales, adaptación de los cuyes a las dietas experimentales y al ambiente, periodo experimental, recojo, conservación y preparación de muestras de dietas y heces, análisis de laboratorio, construcción de base de datos y análisis estadístico e informe final de trabajo.

6.2. EQUIPOS Y MATERIALES

6.2.1. EQUIPOS Y MATERIALES DEL BIOTERIO

- 28 jaulas metabólicas individuales.
- Congelador CH40 Coldex, con capacidad de 339 Lts.
- Refrigeradora Samsung Digital Inverter, con capacidad de 510 Lts.
- Balanza de precisión electrónica (30kg/1g).
- Recipientes de plástico de 250 ml.
- Bolsas de polietileno (10x15cm).
- Cuaderno de registro, papel bond, plumones indelebles y lapiceros.
- Mameluco, gorra, barbijo y guantes.

6.2.2. EQUIPOS Y MATERIALES DE LABORATORIO

- Molino eléctrico de laboratorio.
- Estufa Elos Heat con circulación natural, acero inoxidable con rango de temperatura de +10 °C sobre temperatura ambiente a +220 °C
- Mufla Linn high therm VMK hasta 1200°C, con volumen de cámara de 13,5 litros.
- Balanza Analítica de Precisión Pioneer, LCD, de 210 x 0.0001g
- Envases de aluminio y plástico.
- Crisoles, pinza para crisol y desecador.
- Alcohol y papel toalla.
- Mandil, gorra, barbijo y guantes.

6.2.3. EQUIPOS DE MOLIENDA Y PELLETIZADO

- Molino eléctrico de martillos con criba de 5 mm.
- Peletizadora de 2 rodillos con matriz de 5.5 mm

6.2.4. MATERIAL BIOLÓGICO

- 14 cuyes mejorados (ocho machos y seis hembras) con 50 días de edad y peso vivo de 737 g en promedio para la evaluación del rastrojo de kiwicha.

- 14 cuyes mejorados (siete machos y siete hembras) de 60 días de edad y peso vivo de 863 g en promedio para la evaluación de la harina del follaje de leucaena.

Se utilizaron en total 28 cuyes mejorados del tipo 1 entre hembras y machos en la etapa de crecimiento, provenientes de una granja reconocida de la ciudad de Calca. Dichos animales recibían una alimentación mixta.

6.2.5. INSUMOS Y ADITIVOS PARA LA FORMULACION DE DIETAS EXPERIMENTALES

Para la formulación de las cuatro dietas experimentales se utilizaron los siguientes insumos: maíz amarillo, harina de cebada, afrecho de trigo, afrecho de cebada, harina de alfalfa y torta de soya 46, y se utilizaron aditivos como: aceite de soya, L-lisina-HCL, L-arginina, DL-metionina, melaza de caña, fosfato bicálcico, cloruro sódico, bicarbonato de sodio y corrector Oligo-vita.

También los insumos y aditivos fueron adquiridos de uno de los principales mercados mayoristas de la ciudad de Cusco.

6.2.6. COLECCIÓN Y MOLIENDA DE LAS MATERIAS PRIMAS EN ESTUDIO

Las materias primas en experimento fueron la harina de follaje de leucaena y la harina de rastrojo de kiwicha.

El follaje de leucaena provino del valle de la convención, la cual fue colectada en estado de madurez, la misma que fue secada bajo la sombra. Por otro lado, el rastrojo de kiwicha provino del valle sagrado de Calca, colectado del campo de cultivo después de la cosecha. Ambos recursos fueron molidos en un molino de martillos con criba de moler de 5mm.

6.2.7. DE LOS TRATAMIENTOS Y DISTRIBUCIÓN DE ANIMALES

Los cuyes fueron distribuidos de forma aleatoria en 28 jaulas metabólicas, a su vez las cuatro dietas experimentales fueron repartidas en una distribución al azar sistemática en cuatro tratamientos, asignándose siete cuyes por tratamiento, como se indica en la Tabla 8.

Tabla 8. Distribución de tratamientos

Tratamientos	N° de animales
Db 1	7
Db 1 + 30% rastrojo de kiwicha (Draki)	7
Db 2	7
Db 2 + 30% harina de follaje de leucaena (Dhafole)	7

Leyenda: Db 1: dieta basal 1; Draki: dieta con rastrojo de kiwicha; Dhafole: dieta con harina de follaje de leucaena y Db 2: dieta basal 2.

6.2.8. DE LA COMPOSICION DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES

Se formularon cuatro dietas experimentales, la primera dieta que fue la dieta basal 1 (Db 1), la segunda dieta (Draki) que contenía la Db 1 + 30% de rastrojo de kiwicha. La tercera dieta que fue la dieta basal 2 (Db 2) y una cuarta dieta (Dhafole) que contenía la Db 2 + 30% de harina de follaje de leucaena. Así como se muestran en la Tabla 9.

La inclusión del 30% de las materias primas en las dietas experimentales se basó en el protocolo de investigación diseñado por el grupo EGRAN (European Group on Rabbit Nutrition) integrado por cinco países (Bélgica, Francia, Italia, Portugal y España) quienes desarrollaron un método de referencia para determinar la digestibilidad de dietas en conejos. Además, en cuanto a la leucaena se consideró ese porcentaje de inclusión ya que a mayores porcentajes de adición causó problemas en el consumo y la salud de los cuyes, reduciendo la ingesta y produciendo la caída de pelo, probablemente al contenido de mimosina que contiene ésta.

Tabla 9. Formula de dietas basales y dietas en estudio

Insumo	Dieta experimental							
	Db 1		Draki		Db 2		Dhafole	
	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg
Rastrojo de kiwicha	0.00	0.00	30.0	4.5	0.00	0.00	0.00	0.00
Follaje de leucaena	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.0	4.5
Maíz amarillo	15.0	2.25	10.3	1.545	9.3	1.395	6.4	0.96
Harina de cebada	10.0	1.5	6.9	1.035	35.0	5.25	24.1	3.615
Afrecho de trigo	10.5	1.575	7.2	1.08	15.1	2.265	10.4	1.560
Afrecho de cebada	0.00	0.00	0.00	0.00	15.4	2.31	10.6	1.590
Harina de alfalfa	28.4	4.26	19.6	2.94	20.7	3.105	14.2	2.130
Torta de soya 46	28.6	4.29	19.7	2.955	0.00	0.00	0.00	0.00
Aceite de soya	3.9	0.585	2.7	0.405	0.00	0.00	0.00	0.00
Melaza de caña	0.00	0.00	0.00	0.00	0.7	0.105	0.5	0.075
DL-Metionina	0.1	0.015	0.1	0.015	0.00	0.00	0.00	0.00
Lisina-HCL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.015	0.1	0.015
L-arginina	0.00	0.00	0.00	0.00	0.2	0.030	0.2	0.030
Fosfato bicálcico	2.6	0.39	2.6	0.39	2.6	0.390	2.6	0.390
Cloruro sódico	0.2	0.03	0.2	0.030	0.2	0.030	0.2	0.030
Bicarbonato sódico	0.2	0.030	0.2	0.030	0.2	0.030	0.2	0.030
Corrector Oligo-vita	0.5	0.075	0.5	0.075	0.5	0.075	0.5	0.075
Total	100	15	100	15	100	15	100	15

Leyenda: Db 1: dieta basal 1; Draki: dieta con rastrojo de kiwicha; Db 2: Dieta basal 2 y Dhafole: Dieta con harina follaje de leucaena

Tabla 10. Composición química de las dietas experimentales en base seca

Nutrientes	Dietas			
	Db 1	Draki	Db 2	Dhafole
MS, %	87.17	87.04	86.66	89.25
PB, %	25.01	20.75	12.18	17.66
EE, %	3.82	3.4	6.72	6.24
Ce, %	9.59	11.53	7.47	8.48
FB, %	25.8	31.52	30.4	23.11
ELN, %	35.78	36.20	43.23	44.51
ED (kcal/kg MS)	3391	2514	2562	3282

Leyenda: Db 1: dieta basal 1; Draki: dieta con rastrojo de kiwicha; Db 2: dieta basal 2; Dhafole: dieta con harina follaje leucaena; MS: materia seca; PB: proteína bruta; EE: extracto etéreo; Ce: ceniza; FB: fibra bruta; ELN: extracto libre de nitrógeno y ED: energía digestible.

6.2.9. DE LA PREPARACION DE DIETAS EXPERIMENTALES

Todos los insumos fueron mezclados manualmente de acuerdo a la fórmula arriba, las cuatro dietas en base a 15 kg cada una, luego se procedió a peletizar las cuatro mezclas de las dietas en el área de alimentos balanceados de la EPZ utilizando una peletizadora tipo mecánico con dos rodillos y con matriz de 5mm.

En el proceso de peletizado las mezclas fueron previamente humedecidas con agua esterilizada en un 8% (80ml) por kg de alimento. De ese modo se obtuvo la dureza ideal de los gránulos que aseguró el consumo y aceptabilidad por los cuyes.

6.2.10. DEL PERIODO DE ENSAYO CON LOS ANIMALES

El ensayo de digestibilidad *in vivo* fue por el método directo que consiste en la recolección total de las heces de los cuyes, lo cual tuvo una duración de 15 días dividida en 2 fases: la fase de adaptación (10 días) y la fase de experimentación (5 días).

a. Fase de adaptación

La fase de adaptación se desarrolló durante 10 días, periodo en el que se acostumbraron a los animales a las jaulas metabólicas, dietas y manejo. Los animales fueron debidamente pesados e identificados.

Los primeros cinco días se adaptó gradualmente a las dietas experimentales y los últimos cinco días se evaluó el consumo de alimentos hasta que logren un consumo uniforme.

b. Fase de experimentación

Esta fase se realizó durante 5 días, que consistió en dos aspectos, la evaluación de consumo de la dieta y la colección total de heces.

c. Consumo de dietas experimentales

El primer día se ofreció 400 g de dieta experimental correspondiente para cada cuy y el quinto día se pesó el alimento no consumido. Estableciéndose el consumo de alimento en MS en función a la siguiente fórmula:

Consumo de alimento (g MS/cuy) = alimento ofrecido (g MS/cuy) - residuo del alimento (g MS/cuy)

d. Colección de heces

Las heces se colectaron diariamente y a la misma hora durante 5 días de forma individual en bolsas de polietileno, las mismas que fueron correctamente identificadas e inmediatamente congeladas a -20 °C.

Además, se proveyó agua potable y fresca ad libitum a los cuyes, a la cual se añadió vitamina C (Ascorbitol oral) en una proporción de 1 g por litro de agua.

6.2.11. DE LA DETERMINACIÓN DE LA MATERIA SECA PARCIAL DE LAS HECES

Al cual se denominó también peso seco de las heces, para ello primero se juntaron las heces producidas en los 5 días de cada cuy y se aseguró que las heces no contengan pelos y/o residuos de comida. Luego las heces fueron colocadas en bandejas en un horno a 65 °C por 48 horas hasta lograr un peso constante.

6.2.12. DE LA DETERMINACION DE LA MATERIA SECA TOTAL DE LAS HECES

Se tomó 5 g de muestras de heces de cada cuy y se colocó a la estufa a 100°C por 24 horas. La determinación de MS de las muestras se efectuó por triplicado para mayor precisión. Entonces el valor de la MS total se realizó por diferencia del peso inicial y peso final de la muestra.

6.2.13. DE LA MOLIENDA Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS PARA SU ANÁLISIS

Después de la determinación de la MS parcial de heces. Los insumos, dietas y heces fueron molidos en un molino eléctrico alrededor de 100 g cada muestra, luego se conservaron en envases de plástico cuidadosamente identificadas para posteriormente llevar a cabo el análisis químico.

6.2.14. DE LA DETERMINACIÓN DE DIGESTIBILIDAD APARENTE (DA%) DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES

El cálculo de la digestibilidad aparente de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE), extracto libre de nitrógeno (ELN), ceniza (Ce), fibra bruta (FB) y energía bruta (EB) de cada una de las dietas (Db 1, Db 2, Draki y Dhafole) se determinaron por diferencia entre las cantidades de nutriente ingerida (I) y la de nutriente excretada con las heces (E) multiplicada por el valor de 100 para que la digestibilidad sea expresada en porcentaje, siendo ésta la fórmula:

$$Da \% = ((I-E) / I) \times 100$$

Donde:

Da: Digestibilidad aparente (%)

I : Dieta consumida (g) x contenido en nutriente de la dieta (%)

E : Heces excretadas (g) x contenido en nutrientes de las heces (%)

6.2.15. DE LA DETERMINACIÓN DE DIGESTIBILIDAD APARENTE (DA%) DE LAS MATERIAS PRIMAS EN EXPERIMENTO

En cambio, el cálculo de la digestibilidad de la MS, MO, PB, EE, FB, Ce, ELN y EB de las materias primas (rastroyo de kiwicha y leucaena) se estimó de acuerdo al método de sustitución (Villamide *et al.*, 2001), que consiste en el principio de aditividad de las materias primas incluidas en las dietas basales. Entonces dichos valores de digestibilidad (MS, MO, PB, EE, FB, y EB) fueron determinados a partir de las dietas basales y con las dietas que incorporaba las materias primas correspondientes y los porcentajes que contribuyen cada uno al total, es decir fueron de 70 % de la mezcla basal 1 y 30 % de rastroyo de kiwicha y 70 % de la mezcla basal 2 y 30 % de la harina de follaje de leucaena, a modo de ejemplo para hallar la digestibilidad de la materia orgánica (DMO) u otros valores de la digestibilidad (MS, PB, EE, FB, Ce, ELN Y EB) de cada uno de las materias primas se procesó mediante la siguiente expresión matemática:

$$\text{DMO}_{\text{mpx}} = (\text{DMO}_{\text{D2}} - (\text{DMO}_{\text{D1}} \times 0.70)) / 0.30$$

Donde:

DMO_{mpx} : Digestibilidad de Materia Orgánica de la materia prima (raki y hafole)

DMO_{D2} : Digestibilidad de Materia Orgánica de la dieta experimental (Draki y Dhafole)

DMO_{D1} : Digestibilidad de Materia Orgánica de la dieta basal (Db 1 y Db 2)

6.2.16. DEL ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS MUESTRAS (MATERIAS PRIMAS, DIETAS Y HECES)

Las muestras de las materias primas como: el rastrojo de kiwicha y harina follaje de leucaena; las dietas experimentales como: la dieta basal 1, dieta basal 2, dieta con rastrojo de kiwicha y dieta con harina follaje de leucaena; y las heces de los 28 cuyes evaluados fueron analizadas en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Químicas, Físicas y Matemáticas, en la unidad de prestación de servicios de análisis químico, de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, usando los métodos establecidos por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2002), así determinándose el contenido en materia seca (MS, 964.22), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB, 955.04), extracto etéreo (EE, 46 920.39), ceniza (Ce, 942.05), fibra bruta (FB, 962.09) y extracto libre de nitrógeno (ELN).

Por otro lado, el contenido de la energía bruta (EB) de las materias primas, dietas y heces fueron analizados con la técnica de la bomba calorimétrica en el laboratorio bromatológico del Instituto de Ciencia y Tecnología Animal de la Universidad Politécnica de Valencia, España, además se analizaron el contenido de PB, MS Y Ce utilizando los métodos establecidos por la AOAC (2002).

Los resultados obtenidos de los análisis químicos de las materias primas, dietas y heces nos permitieron hallar los coeficientes de digestibilidad y valor nutritivo que fueron objetos de estudio.

6.2.17. DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los efectos del nivel de inclusión de los insumos (raki y hafole) en las dietas basales (Db 1 y Db 2) en cuanto al consumo (gMS/día) y sobre los coeficientes de digestibilidad de la MS, MO, PB, EE, FB, Ce, ELN y EB de las dietas experimentales determinados en el ensayo de digestibilidad se analizaron estadísticamente con la prueba t de Student para muestras independientes, haciendo uso del programa Statistical Analysis System [SAS], 2016. Para lo cual se usaron las siguientes fórmulas estadísticas (Steel y Torrie, 1985).

Prueba t de Student para muestras independientes con varianzas iguales

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_p \cdot \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

Prueba t de Student para muestras independientes con varianzas desiguales

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Donde:

\bar{x}_1 : media muestral de la Db 1 o Db 2.

\bar{x}_2 : media muestral de la Draki o de la Dhafole

S_p : desviación estándar combinada

n_1 : tamaño de muestra de la Db 1 o Db 2

n_2 : tamaño de muestra de la Draki o Dhafole

s_1^2 : varianza muestral de la Db 1 o Db 2

s_2^2 : varianza muestral de la Draki o de la Dhafole

Asimismo, los datos pertinentes fueron analizados mediante estadística descriptiva con la cual se determinaron las medias, máximos, mínimos y desviación estándar.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES

7.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA HARINA DE FOLLAJE DE LEUCAENA Y DE RASTROJO DE KIWICA

A continuación, se presenta la tabla con los valores de composición química de las materias primas en investigación que serán descritas y comparadas con otros autores.

Tabla 11. Composición química de las materias primas en estudio (%)

Componentes	Materias primas	
	Rastrojo de kiwicha	Follaje de leucaena
MS, %	87.04	89.25
MO, %	74.1	80.64
PB, %	10.22	30.41
EE, %	3.22	8.58
Ce, %	12.94	8.61
FB, %	36.80	25.30
ELN, %	36.82	27.10
EB, kcal/kg MS	4,633	4,106

Leyenda: MS: materia seca; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; EE: extracto etéreo; Ce: ceniza; FB: fibra bruta; ELN: extracto libre de nitrógeno y EB: energía bruta.

7.1.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL RASTROJO DE KIWICHA

Como se puede observar en los resultados de análisis químico obtenidos del rastrojo de kiwicha (ver Tabla 11), el contenido de MS fue de 87.04%, diferente a los valores de 91.38 y 91.34% de la granza de kiwicha (ver Tabla 4) reportados por Cervantes (1987) y Vargas (1989), respectivamente, y fue similar al valor de 86.45% obtenido por Torres *et al.*,(2010) en la broza de kiwicha.

En cuanto a la PB se reportó 10.22%, similar a los valores obtenido por Cervantes (1987) y Torres *et al.*, (2010) que fueron de 10.67% y 10.13% en la broza y granza de kiwicha, respectivamente, en cambio, la PB fue menor en 1.98% al reportado por Vargas (1989). Del mismo modo el contenido del EE del rastrojo de kiwicha fue de 3.22%, similar a los valores obtenidos por Cervantes (1987) y Vargas (1989), los cuales fueron de 2.86% y 2.12%, respectivamente, y mayor en 1.76% a lo obtenido

por Torres *et al.*, (2010). Cabe señalar que estas diferencias podrían atribuirse a la variedad, al origen de donde se tomaron las muestras (los suelos en una misma region pueden variar), al momento (estado fenológico) en que fueron cosechados los granos de kiwicha o tambien al porcentaje de granos presentes en el residuo agrícola.

Así mismo el contenido de Ce fue de 12.94%, valor similar a 13.63% y 13.75% obtenidas por Cervantes (1987) y Torres *et al.*, (2010), respectivamente, pero el valor de la Ce fue inferior en 4.37% al obtenido por Vargas (1989). Los resultados del contenido de Ce podrían ser muy variables tratándose de residuos de cosecha, esta variación puede deberse al modo en que fueron obtenidas las muestras o que estas hayan sido contaminadas con el suelo. En cambio, el contenido de FB fue de 36.80%, mayor en 3.10% a lo reportado por Vargas (1989) e inferior en 10.44% a lo reportado por Cervantes (1987). Los niveles altos de fibra podrían indicar que el residuo agrícola a evaluar contiene más tallos y cubiertas florales; así como el estado fenológico y periodo vegetativo de las variedades de kiwicha.

En cuanto al contenido del ELN del rastrojo de kiwicha fue de 36.82%, similar al valor obtenido por Vargas (1989) que fue de 34.25% y mayor en 11.22% al reportado por Cervantes (1987) que fue de 25.60%. El valor del ELN de la materia prima en estudio es similar al contenido de FB, este resultado podría deberse a que el análisis químico proximal sobrestima el contenido del ELN que incluye lignina más hemicelulosa y por tanto subestima los valores de FB (Van Soest, 1994). Finalmente, el contenido de EB del rastrojo de kiwicha fue de 4,633 kcal/kg MS.

7.1.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA HARINA DE FOLLAJE DE LEUCAENA

Conforme a los resultados obtenidos del análisis químico del follaje de *leucaena trichodes* (ver Tabla 11), el contenido de MS fue de 89.25%, similar a los valores reportados por Mar (1987) y Saavedra *et al.*, (1985) (ver Tabla 6), el primer autor obtuvo 89.74% de MS de la *L. trichodes* y el segundo obtuvo 90.30% de MS en la *L. leucocephala*, en cambio fue mayor en 2.5% de MS de la *leucaena leucocephala* reportado por Zambrano (2017). Además fue menor en 3.50 y 4.82% a los valores obtenidos por Aye y Adegun (2013) y Martínez y Muñoz (2017) en la *L. leucocephala* y *L. diversifolia*, respectivamente, estas diferencias podrían deberse a la especie de leucaena, al estado fenológico, proceso de secado y manejo de las muestras.

De acuerdo a la tabla el contenido de PB de *L. trichodes* fue de 30.41%, menor en 5.1% al valor obtenido por Mar (1987) en hojas antes de la floración. Sin embargo, fue un valor mayor en 3.28% a lo obtenido por Aye y Adegun (2013) en la *L. leucocephala*, también mayor en 4.81 y 6.01% (*L. trichodes* y *L. leucocephala*) reportados por Sánchez *et al.*, (2007) , quienes evaluaron las plantas a los 80 y 60 días de edad, respectivamente. Y fue superior a los reportados por Saavedra *et al.*, (1985), Zambrano (2017), Campos *et al.*, (2020) y Martínez y Muñoz (2017), cuyos autores obtuvieron 20.30%, 18.87%, 21.9% (*L. leucocephala*) y 21.81% (*L. diversifolia*) de proteína bruta, respectivamente. Dichas diferencias podrían deberse a la edad de corte y al predominio de las diferentes partes de la planta. Se conoce también que a medida que madura la planta el nivel de proteína baja. También la diferencia podría deberse a la especie como se aprecia que el contenido de PB de la *L. trichodes* es superior frente a otras especies de *Leucaena*.

En cuanto al contenido del EE se obtuvo 8.58%, valor mayor en 4.56 y 4.48^o % a los obtenidos por Mar (1987) y Campos *et al.*, (2020) en la *L. trichodes* y *leucocephala*, respectivamente. Pero fue menor en 3.82 y 4.86% respecto a los valores reportados por Aye y Adegun (2013) y Martínez y Muñoz, 2017), cuyos valores fueron de 12.40% y 13.44 % en la *L. leucocephala* y *diversifolia*, respectivamente. Estas diferencias nos indica la variabilidad del contenido de EE de las diferentes especies de *Leucaena*.

En lo que respecta al contenido de Ce de la *Leucaena trichodes* fue de 8.61%, valor similar a los obtenidos por Mar (1987), Aye y Adegun (2013) y Campos *et al.*, (2020), quienes reportaron valores de 8.71% (*L. trichodes*), 8.93% (*L. leucocephala*) y 8.7% (*L. leucocephala*), respectivamente; asimismo mayor en 2.01% al valor reportado por Martínez y Muñoz (2017). Pero Zambrano (2017) reportó 11.13% de Ce en la *L. leucocephala*, valor mayor al nuestro. También se observa que el contenido de la FB de la *leucaena* fue de 25.30%, mayor en 9.67% a lo obtenido en la *L. trichodes* por Mar (1987) y también superior en 15.82% a lo reportado en la *L. leucocephala* por Aye y Adegun (2013). Estas diferencias así como de la Ce y la FB se pueden deber principalmente al estado de madurez (relación hoja/tallo) del forraje evaluado o deberse a otros factores como las condiciones climáticas y manejo post cosecha.

Por otra parte, el contenido de ELN fue de 27.10%, valor superior en 16.52% a lo obtenido por Mar (1987) en la *L. trichodes*. Pero fue menor en 7.54% a lo reportado

por Aye y Adegun (2013) en la *L. leucocephala*. Finalmente, el contenido de la EB de la harina de follaje de *leucaena trichodes* fue de 4,172 kcal/kg MS, siendo menor a los reportados por Saavedra *et al.*, (1985) y Martínez y Muñoz (2017), cuyos valores fueron de 4,330 y 4,844 kcal/kg MS en la *L. leucocephala* y *diversifolia*, respectivamente.

7.2. DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LAS DIETAS Y LAS MATERIAS PRIMAS

En las siguientes tablas se muestran los resultados de consumo y coeficientes de digestibilidad de las diferentes nutrientes contenidas en las dietas y materias primas de investigación.

7.2.1. CONSUMO (g MS/DÍA/CUY) Y DIGESTIBILIDAD DE LAS DIETAS

En esta parte se discute el efecto que tuvo la adición del 30% de las materias primas sobre el consumo y digestibilidad de las dietas en los cuyes.

Tabla 12. Digestibilidad aparente de la dieta basal (Db 1) y de la dieta con rastrojo de kiwicha (Draki)

Consumo y digestibilidad aparente	DIETAS EXPERIMENTALES		
	Db 1	Draki (Db 1+ 30%raki)	Pr > t
Consumo (g MS/d)	48.04± 9.20	58.44±11.45	0.0857
DMS, %	75.77 ± 0.79	66.35 ± 0.96	<.0001
DMO, %	77.59 ± 0.61	67.79 ± 1.12	<.0001
DPB, %	79.29 ± 0.87	73.34 ± 2.08	<.0001
DEE, %	63.66 ± 2.36	61.34 ± 2.49	0.0993
DCe, %	75.77 ± 0.79	66.35 ± 0.96	<.0001
DFB, %	76.30 ± 2.10	68.19 ± 1.38	<.0001
DELN, %	78.36 ± 0.62	67.89 ± 2.47	<.0001
DEB, %	76.01 ± 0.87	63.95 ± 1.14	<.0001

Leyenda: g MS/d: gramos materia seca por día; DMS: digestibilidad de la materia seca; DMO: digestibilidad de la materia orgánica; DPB: digestibilidad de la proteína bruta; DEE: digestibilidad del extracto etéreo; DCe: digestibilidad de la ceniza; DFB: digestibilidad de la fibra bruta; DELN: digestibilidad del extracto libre de nitrógeno; DEB: digestibilidad de la energía bruta; Db 1: dieta basal 1; Draki: dieta basal + 30% de rastrojo de kiwicha y Pr>|t|: valor de probabilidad.

Conforme a los resultados que se muestran en la Tabla 12, en cuanto al consumo de la dieta basal 1 (Db 1) y dieta con rastrojo de kiwicha (Draki) estadísticamente no hubo diferencias significativas ($p > 0.05$), lo que indica que la inclusión del 30% de raki en la dieta no tuvo efecto en el consumo. Sin embargo, se observa un mayor consumo de 10.4 g en la Draki, esto se debería a que la Draki contiene menor nivel energético digestible (2,514 kcal/kg MS) frente a la Db 1 (3,391 kcal/kg MS), en tanto los cuyes de la Draki consumieron más alimento para cubrir sus demandas de energía (Van Soest, 1994)

También se observa (Tabla 12) que hay diferencias significativas ($p < 0.05$) entre la Db 1 y Draki respecto a la DMS, DMO, DPB, DCe, DFB, DELN Y DEB siendo la Db 1 con mayor coeficiente de digestibilidad (CD) de 75.77%; 77.59 %; 79.29%; 75.77%; 76.30%; 78.36 % y 76.01%, respectivamente; en comparación de la Draki que tuvo un CD de 66.35%; 67.79%; 73.34%; 66.35%; 68.19%; 67.89% y 63.95%, respectivamente. Este resultado nos muestra que la adición del 30 % de rastrojo de kiwicha en la Db 1 afectó negativamente disminuyendo la digestibilidad de MS en 9.42%. Así mismo desmejoró la digestibilidad de MO de la dieta en 9.8%. También la digestibilidad de PB disminuyó en 5.95% por efecto de la adición, esta diferencia posiblemente se deba a que el contenido de proteína del rastrojo de kiwicha, en su mayor proporción, se encuentra ligada a la fibra por ende tiene muy baja digestibilidad (Van Soest, 1982); de la misma manera la digestibilidad de Ce tuvo una disminución en 9.42% respecto a la Db 1. También la inclusión del 30% de raki disminuyó la DFB en 8.11%. Además, dicho nivel de inclusión causó baja digestibilidad de ELN y EB en la Draki con una diferencia de 10.47% y 12.06%, respectivamente. Finalmente, para la digestibilidad del EE no se encontró diferencias significativas entre dietas.

En resumen, la inclusión del 30% de rastrojo de kiwicha desmejoró la digestibilidad de la dieta (Draki) principalmente por el mayor contenido de fibra y ceniza en su composición nutricional, y probablemente por un mayor contenido de proteína ligada a la pared celular.

Tabla 13. Digestibilidad aparente de la dieta basal 2 (Db 2) y de la dieta con harina follaje de leucaena (Dhafole)

Consumo y digestibilidad aparente	Dietas experimentales		
	Db 2	Dhafole (Db 2 + 30% hafole)	Pr > t
Consumo (g MS/d)	51.30 ± 7.63	41.92 ± 6.83	0.0324
DMS, %	67.58 ± 0.77	67.03 ± 0.86	0.2291
DMO, %	69.27 ± 0.64	67.98 ± 0.75	0.0047
DPB, %	68.66 ± 3.84	69.34 ± 2.14	0.6909
DEE, %	69.66 ± 1.28	69.83 ± 2.57	0.8729
DCe, %	67.58 ± 0.7	67.03 ± 0.86	0.2291
DFB, %	68.05 ± 1.76	62.99 ± 1.42	<.0001
DELN, %	69.99 ± 1.52	69.42 ± 1.26	0.4617
DEB, %	65.38 ± 1.30	68.72 ± 0.73	0.0002

Leyenda: g MS/d: gramos materia seca por día; DMS: digestibilidad de la materia seca; DMO: digestibilidad de la materia orgánica; DPB: digestibilidad de la proteína bruta; DEE: digestibilidad del extracto etéreo; DCe: digestibilidad de la ceniza; DFB: digestibilidad de la fibra bruta; DELN: digestibilidad del extracto libre de nitrógeno; DEB: digestibilidad de la energía bruta; Db 2: dieta basal 2; Dhafole: dieta + 30% de harina de follaje de leucaena y Pr > |t|: valor de probabilidad.

En la Tabla 13 se aprecia que existe diferencias significativas ($p < 0.05$) en cuanto al consumo de las dietas, la dieta con harina de follaje de leucaena (Dhafole) tiene menor consumo (41.92 ± 6.83 g/ d MS) respecto a su dieta Db 2 (51.30 ± 7.63 g), se presume que la inclusión del 30% de leucaena influyó en el consumo, reduciendo la ingesta de la Dhafole, este resultado podría deberse a los factores anti nutricionales como la mimosina (aminoácido tóxico no proteico) contenida en la leucaena (Glatzle, 2008).

Así mismo se observa en los resultados que no hay diferencias significativas ($p < 0.05$) entre la Dhafole y su Db 2 para los siguientes coeficientes de digestibilidad: DMS, DPB, DEE, Dce y DELN. Vale decir que la adición de la leucaena en un 30% no afectó dichos coeficientes de digestibilidad en la Dhafole.

Por otra parte, la DMO, DFB y DEB de la Dhafole y Db 2 fueron estadísticamente significativas ($p < 0.05$). La DMO de la Dhafole fue de 67.98 % y la DMO de la Db 2 fue de 69.27%, lo que indica que la adición del 30% de leucaena en la Db 2 afectó de manera negativa disminuyendo en 1.29% la digestibilidad de la MO, esta diferencia

puede deberse al mayor contenido de ceniza de la Dhafole. Del mismo modo la DFB fue de 62.99% para la Dhafole y para la Db 2 fue de 68.06%, el mismo nivel de inclusión redujo en 5.06% la digestibilidad de la FB. Y en cuanto a la DEB, la Dhafole tuvo 68.72% comparado con la Db 2 que fue de 65.38%, quiere decir que la inclusión del 30% de leucaena mejoró la digestibilidad de la EB en un 3.34%, este efecto positivo podría deberse al buen contenido de proteína y grasa de la *leucaena trichodes*.

7.2.2. DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LAS MATERIAS PRIMAS

En las siguientes tablas se dan a conocer los valores de los coeficientes de digestibilidad (%) de los diferentes nutrientes de la harina de follaje de leucaena y rastrojo de kiwicha en cuyes.

Tabla 14. Coeficiente de digestibilidad aparente (DA%) del rastrojo de kiwicha (raki)

CD (%)	Rastrojo de kiwicha (raki)
DMS	44.37 ± 3.21
DMO	44.90 ± 3.73
DPB	59.46 ± 6.92
DEE	55.93 ± 8.31
DCe	44.37 ± 3.21
DFB	49.26 ± 4.60
DELN	43.45 ± 8.24
DEB	35.82 ± 3.80

Leyenda: CD: coeficiente de digestibilidad; DMS: digestibilidad de la materia seca; DMO: digestibilidad de la materia orgánica; DPB: digestibilidad de la proteína bruta; DEE: digestibilidad del extracto etéreo; DCe: digestibilidad de la ceniza; DFB: digestibilidad de la fibra bruta; DELN: digestibilidad del extracto libre de nitrógeno y DEB: digestibilidad de la energía bruta.

De acuerdo a los resultados obtenidos (Tabla 14), se aprecia que el coeficiente de DMS del rastrojo de kiwicha es 44.37 ± 3.21%, menor a los coeficientes de digestibilidad (CD) obtenidos por Cervantes (1987) y Vargas (1989), quienes hallaron coeficientes de 49.89 y 53.18% de MS en la granza de kiwicha, la diferencia con el primer autor podría deberse al factor animal usado en los ensayos de digestibilidad,

pues lo ovinos pudieron tener mayor capacidad de degradación de fibra que los cuyes (McDonald *et al.*, 2006); y la diferencia de valores con Vargas (1989) podría deberse a que el insumo de nuestro experimento contuvo mayor contenido de fibra bruta por ende mayor contenido de carbohidratos estructurales (Van Soest , 1994) comparado con la granza, la misma que pudo tener mayor contenido de hojas y restos de granos. Luego observamos que el coeficiente de digestibilidad (CD) de la materia orgánica del rastrojo de kiwicha fue $44.90 \pm 3.73\%$, el aumento o disminución de este valor se deberá principalmente al contenido de ceniza.

Por otra parte, el CD de la PB del raki fue $59.46 \pm 6.92\%$, superior al valor reportado por Cervantes (1987) quien halló 37.56%, esta diferencia puede deberse a la especie animal usado en dichos experimentos, se conoce que los cuyes realizan la actividad de la cecotrofia para aprovechar el nitrógeno (Chauca, 1997), lo que implicaría un aumento de digestibilidad respecto a los ovinos utilizados en el ensayo de Cervantes (1987). De la misma forma, el CD de la PB de nuestra materia prima en estudio es mayor en 7.23% al CD obtenido por Vargas (1989) que fue de 52.23%, este resultado podría atribuirse al factor animal (McDonald *et al.*, 2006), y se presume que los cuyes podrían tener una mayor capacidad de digestibilidad de la proteína que los conejos o podría influir en ambas especies la capacidad de aprovechamiento de N a través de la cecotrofia (Chauca, 1997).

En lo referente al coeficiente de digestibilidad del EE del rastrojo de kiwicha (Tabla 14) fue de $55.93 \pm 8.31\%$, menor a los obtenidos por Cervantes (1987) y Vargas (1989), quienes obtuvieron coeficientes de digestibilidad de 62.29% y 65.77%, respectivamente. Esta diferencia podría deberse a una elevada proporción de ceras y esteroides que se encuentran en la dieta (Draki), que redujeron la absorción del lípido, ya que se digieren y absorben de manera muy deficiente (Church y Pond, 1987).

También en la Tabla 14 se puede observar que la DCe del rastrojo de kiwicha fue de $44.37 \pm 3.21\%$ mayor en 11.49% frente a la granza de kiwicha (32.88%) obtenida en ovinos por Cervantes (1987). Esta diferencia podría deberse al factor animal (McDonald *et al.*, 2006), pues ambos insumos contenían valores similares de ceniza.

En cuanto al coeficiente de digestibilidad de la fibra bruta (DFB) del rastrojo de kiwicha fue $49.26 \pm 4.60\%$, mostrando diferencias con lo reportado por Cervantes (1987) y

Vargas (1989), quienes determinaron 58.51 y 53.89%, respectivamente. Dichas diferencias se podrían deber al mayor contenido de fibra bruta en el insumo estudiado principalmente al contenido de lignina que se asocia estrechamente con los glúcidos fibrosos de la pared celular de los tejidos vegetales (Church y Pond, 1987). Así como al efecto de la especie animal. sabiendo que los rumiantes tienen mayor capacidad de digerir la fibra frente a los monogástricos.

La DELN del rastrojo de kiwicha fue de $43.45 \pm 8.24\%$, valor similar a lo reportado por Cervantes (1987) dicho CD fue de 46.83% a diferencia de 55.22% determinada por Vargas (1989) que fue mayor. Este resultado podría deberse principalmente a la fibra contenida en las dietas o también a la menor capacidad de asimilación del ELN por los cuyes de nuestro experimento a diferencia de las especies (ovino y conejo) usados por los autores mencionados.

Los alimentos a base de residuos de cosecha son de baja calidad, por ende, la digestibilidad de sus nutrientes es menor debido al aumento de la fibra en su composición.

Tabla 15. Coeficiente de digestibilidad aparente (DA%) de la harina de follaje de leucaena (hafole)

En la Tabla 15 se presentan los coeficientes de digestibilidad (%) de los diferentes nutrientes obtenidos de la harina del follaje de leucaena en cuyes.

CD (%)	Harina follaje de leucaena (hafole)
DMS	65.74 ± 2.86
DMO	64.94 ± 2.50
DPB	70.92 ± 7.15
DEE	70.25 ± 8.58
DCe	65.74 ± 2.86
DFB	51.19 ± 4.72
DELN	68.10 ± 4.19
DEB	76.48 ± 2.42

Leyenda: CD: Coeficiente de digestibilidad; DMS: digestibilidad de la materia seca; DMO: digestibilidad de la materia orgánica; DPB: digestibilidad de la proteína bruta; DEE: digestibilidad del extracto etéreo; DCe: digestibilidad de la ceniza; DFB:

digestibilidad de la fibra bruta; DELN: digestibilidad del extracto libre de nitrógeno y
DEB: digestibilidad de la energía bruta.

El coeficiente de digestibilidad de la materia seca (DMS) de la harina del follaje de leucaena (hafole) fue de $65.74 \pm 2.86\%$ (Tabla 15), valor con cierta similitud a lo reportado por Saavedra *et al.*, (1985) quienes determinaron 64.36% de digestibilidad de la *Leucaena leucocephala* cv. Perú evaluada en ovinos. A propósito, Vargas (2023) obtuvo 61.35% de digestibilidad (alfalfa) en cuyes. Además, nuestro valor es mayor a los obtenidos por Safwat *et al.*, (2015) y Campos *et al.*, (2020), dichos autores mostraron valores de 59.14% (*L. leucocephala*) y 54.9% (*L. leucocephala*), respectivamente. Las diferencias podrían atribuirse a la especie leguminosa usado en los ensayos. También un menor nivel de fibra en el forraje implicaría una mayor digestibilidad.

En cuanto a la DMO de la hafole fue de $64.94 \pm 2.50\%$, al igual que para la MS, este valor es semejante a los reportados por Safwat *et al.*, (2015) y Vargas (2023) quienes obtuvieron 61.44% (*L. leucocephala*) en conejos y 61.43% (alfalfa) en cuyes, respectivamente, esta similitud podría deberse a la respuesta del factor animal (McDonald *et al.*, 2006) Y fue inferior a los valores de 80.7% (*L. leucocephala*) y 77.7% (*L. trichodes*) alcanzados por Sánchez *et al.*, (2007), este autor determinó la digestibilidad de MO *in vitro*. Los valores de digestibilidad variaran también por el nivel del contenido de ceniza.

Respecto al coeficiente de digestibilidad de proteína bruta (DPB) de la hafole se obtuvo $70.92 \pm 7.15\%$, valor similar a lo hallado por Vargas (2023) que fue de 70.99% en la harina de alfalfa en cuyes. También la DPB obtenida en nuestro trabajo de investigación fue mayor a lo determinado por Saavedra *et al.*, (1985) y Safwat *et al.*, (2015), quienes reportaron 61.76% (ovinos) y 64.84% (conejos) de digestibilidad de la *L. leucocephala*. Dichos valores muestran que los cuyes digieren y absorben mejor las proteínas, probablemente se deba a que estos reutilizan el nitrógeno gracias a la cecotofía (Chauca, 1997), obteniendo ventaja frente a otros monogástricos y ruminantes como el ovino. Las diferencias pueden deberse también a la especie y origen de las leguminosas.

Por otra parte, el coeficiente de digestibilidad del extracto etéreo (DEE) de la hafele fue de $70.25 \pm 8.58\%$, cuyo valor fue superior al resultado reportado por Vargas (2023) cuyo autor determinó 38.35% de la harina de alfalfa.

También se observó que la DFB de la hafele fue de $51.19 \pm 4.72\%$, valor similar a 54.52% de la harina de alfalfa que fue obtenida por Vargas (2023), este parecido puede estar relacionado a la edad de la planta en que fueron recolectadas, así mismo la digestibilidad fue regular debido al moderado contenido de fibra que poseen estas leguminosas. Por otro lado, fue un valor mayor en 6.17% a lo obtenido por Safwat *et al.*, (2015) de la *L. leucocephala* en conejos. Esta diferencia se deba probablemente a la mayor capacidad de digestibilidad de la fibra por los cuyes.

También se pudo apreciar que la Dce de la harina de leucaena fue de $65.74 \pm 2.86\%$, valor similar a lo encontrado por Vargas (2023) que fue de 66.21% (harina de alfalfa). Y de acuerdo a la tabla se observó que la DELN de la hafele fue de $68.10 \pm 4.19\%$, mayor en 4.44% a lo obtenido por Vargas (2023), esta diferencia podría atribuirse a la mayor cantidad de carbohidratos digeribles que contiene la *L. trichodes*. Por último, se observó que la digestibilidad de la energía bruta (DEB) fue de $76.48 \pm 2.42\%$ de harina de follaje de leucaena, superior en 17.21% comparado con la harina de alfalfa que fue de $59.27 \pm 3.74\%$, reportado por Vargas (2023), cuya diferencia estaría relacionado por la mayor digestibilidad de proteína y grasa de la *L. trichodes* frente a la alfalfa.

Como se pudo apreciar los coeficientes de digestibilidad de la hafele fueron altas especialmente de PB, EE y EB. Superando a las demás especies leguminosas como la alfalfa y *L. leucocephala*. Estas diferencias se pueden atribuir al estado fenológico de la planta y principalmente a la especie forrajera.

7.3. VALORES NUTRICIONALES DEL RASTROJO DE KIWICHA (RAKI) Y LA HARINA DE FOLLAJE DE LEUCAENA (HAFOLE)

A continuación, se presenta una tabla de los valores nutritivos de proteína digestible (PD), extracto etéreo digestible (EED), ceniza digestible (CeD), fibra bruta digestible (FBD), extracto libre de nitrógeno digestible (ELND) Y la energía digestible (ED) del rastrojo de kiwicha.

Tabla 16. Valores nutritivos de PD, EED, CeD, FBD, ELND (%) y ED (kcal/kg MS) del rastrojo de kiwicha (raki)

Valores nutritivos	Materia prima
	Rastrojo de kiwicha
PD, %	6.07 ± 0.71
EED, %	1.80 ± 0.27
CeD, %	5.74 ± 0.42
FBD, %	18.13 ± 1.69
ELND, %	16.00 ± 0.04
ED (kcal/kg MS)	1,659.28 ± 176

Leyenda: PD: proteína digestible; EED: extracto etéreo digestible, CeD: ceniza digestible; FBD: fibra bruta digestible; ELND: extracto libre de nitrógeno digestible y ED: energía digestible.

Como se aprecia en la Tabla 16 el valor nutritivo de PD del rastrojo de kiwicha fue de $6.07 \pm 0.71\%$, también el EED de $1.80 \pm 0.27\%$ y el valor nutritivo de la CeD del raki fue de $5.74 \pm 0.42\%$. Por otro lado, la fibra bruta digestible (FBD) fue de $18.13 \pm 1.69\%$, el ELND fue de $16.00 \pm 0.04\%$ y la energía digestible (ED) fue $1,659.28 \pm 176$ kcal/kg MS, valor inferior a lo determinado por Vargas (1989) que fue de 2,050 kcal/kg MS de la granza de kiwicha.

Tabla 17. Valores nutritivos de PD, EED, CeD, FBD, ELND (%) y ED (kcal/kg MS) de la harina follaje de leucaena (hafole)

Valores nutritivos	Materia prima
	Harina Follaje de Leucaena
PD, %	21.56 ± 2.17
EED, %	6.03 ± 0.74
CeD, %	5.66 ± 0.25
FBD, %	12.95 ± 1.19
ELND, %	18.46 ± 1.13
ED (kcal/kg MS)	3,140.59 ± 99.37

Leyenda: PD: proteína digestible; EED: extracto etéreo digestible; CeD: ceniza digestible; FBD: fibra bruta digestible; ELND: extracto libre de nitrógeno digestible y ED: energía digestible.

De acuerdo a la Tabla 17, el valor de la PD y EED fueron de $21.56 \pm 2.17\%$ y $6.03 \pm 0.74\%$ mayores en 7.8% y 4.38%, respectivamente, a lo reportado por Vargas (2023) quien obtuvo $13.76 \pm 0.51\%$ de PD y $1.65 \pm 0.19\%$ de EED de la harina de alfalfa. En

cuanto a la CeD de la hafele fue de $5.66 \pm 0.25\%$ similar a $6.92 \pm 0.68\%$ de la harina de alfalfa obtenida por Vargas (2023). Además, el valor nutritivo de FBD del insumo estudiado fue de $12.95 \pm 1.19\%$, menor en 2.53% comparado con el valor nutritivo de la harina de alfalfa, reportado por Vargas (2023). A propósito, el ELND de la hafele fue de $18.46 \pm 1.13\%$ también menor a $23.86 \pm 2.48\%$ obtenido por Vargas (2023), a su vez el valor nutritivo del ELN fue mayor a lo reportado por Mar (1987) quien determinó 12.21% de ELND de la *L. trichodes* antes de la floración.

La Tabla 17 nos muestra que la energía digestible (ED) de la hafele fue de $3,140.59 \pm 99.37$ kcal/kg MS, superior a los valores de Safwat *et al.*, (2015), Martinez y Muñoz (2017) y Vargas (2023), cuyos autores determinaron valores de 2,581, 2,232 y 2,473 kcal/kg MS de la *L. leucocephala*, *L. diversifolia* y la harina de alfalfa, respectivamente. De este modo la *L. trichodes* se consideraría un alimento de alto valor nutritivo en especial a la PD y ED frente a otras leguminosas con las que fue comparada.

VIII. CONCLUSIONES

Conforme a los resultados adquiridos en el presente trabajo de investigación, se llega a concluir que:

- a. Respecto a la composición química en base seca de la harina de follaje de leucaena, contiene un alto porcentaje de PB (30.41%), además tiene importante contenido de EE (8.58%) y tuvo un moderado contenido de ELN (27.10%). Por otro lado, el rastrojo kiwicha se caracterizó por contener alto porcentaje de FB (36.80%), con bajo contenido de PB y EE (10.22 y 3.22%) y alto contenido de ceniza (12.94%).
- b. En cuanto a los coeficientes de digestibilidad de PB, EE Y EB de la harina de follaje de leucaena fueron altas del orden de 70.92%, 70.25% y 76.48%, respectivamente; seguida del coeficiente de digestibilidad de ELN (68.10%), Ce (65.74%), MS (65.74%) y MO (64.94%), siendo el coeficiente de digestibilidad más bajo de FB (51.19%). Por otra parte, los mayores coeficientes de digestibilidad del rastrojo de kiwicha fueron la PB y EE (59.46 y 55.93%) seguida de la FB (49.26%) y el coeficiente de digestibilidad más bajo fue la EB (35.82%).
- c. Los valores nutritivos de PD y ED de la harina de follaje de leucaena fueron 21.56% y 3140.59 kcal/kg MS, también el ELND fue de 18.46% y la FBD fue de 12.95%. En cambio, del rastrojo de kiwicha la PD Y la ED fue de 6.07% y 1659.28 kcal/kg MS, respectivamente, además la FBD fue de 18.13% y la ELND de 16%. Por tanto, ambos recursos se consideran como fuente proteica y fibrosa, respectivamente; además pueden incorporarse en dietas balanceadas para cuyes.

IX. RECOMENDACIONES

Conforme a los resultados y conclusiones alcanzados en el presente trabajo de investigación, se recomienda lo siguiente:

- a. Realizar estudios sobre la digestibilidad y la respuesta productiva de los cuyes al incluir *Leucaena trichodes* y rastrojo de kiwicha en niveles del 15 al 20 % en dietas balanceadas.
- b. Llevar a cabo ensayos de digestibilidad de *Leucaena trichodes* en diferentes estados fenológicos, evaluando su efecto en cuyes en etapas de crecimiento y gestación.
- c. Evaluar el posible efecto tóxico de la mimosina presente en la *Leucaena trichodes* cuando se utiliza como parte de la dieta en la alimentación de cuyes.

X. REFERENCIAS

Aliaga, L; Moncayo, R; Rico, E; Caycedo, A. (2009). Produccion de cuyes. Fondo Editorial Universidad Católica Sedes Sapientiae. (1ra ed.). Lima. Perú.808 p.

Association of Official Analytical Chemists. (2002). Official methods of analysis of the AOAC International (17th ed.). Gaithersburg, MD (USA). Obtenido de <https://www.worldcat.org/title/official-methods-of-analysis-of-aoac-international/oclc/476032693>

Aye, P.A; Adegun, M.K. (2013). Chemical Composition and some functional properties of Moringa, Leucaena and Gliricidia leaf meals. Agriculture and Biology Journal of North America: 4(1), 71-77. DOI: 10.5251/abjna.2013.4.1.71.77

Blanco, M. S. (2005). Cuyes: crianza y manejo. Practical action (1ra ed). Cajamarca. Perú.14p.

Bondi, A. A. (1988). Nutrición Animal. Acribia, S. A. Zaragoza, España. 546 p. Obtenido de https://books.google.com.pe/books/about/Nutrici%C3%B3n_animal.html?hl=es&id=KDixAAAACAAJ&redir_esc=y

Brunetton, J. (1991). Elementos de Fitoquímica y de Farmacognosia. Acribia.Zaragoza. España. 594 p.

Campos, C. C; García-Martínez, J. E; Chavira, J. S., Valdés, J. A., Morales, A. M; Mellado, M. (2020). Chemical composition and nutritional value of leaves and pods of Leucaena leucocephala, Prosopis laevigata and Acacia farnesiana in a xerophilous shrubland. Emirates Journal of Food and Agriculture, 32(10), 723-730. DOI: <https://doi.org/10.9755/ejfa.2020.v32.i10.2148>

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). (1986). Silvicultura de Especies Promisorias para produccion de Leña en América Central. Informe técnico, Recursos Naturales Renovables, Turrialba. 220 p.

Cervantes, J. E. (1987). Digestibilidad aparente de las granzas de kiwicha (Amaranthus caudatus L.) en ovinos. Tesis para optar al título profesional de ingeniero

zootecnista. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Perú. 49 p.

Chauca, L. (1997). Producción de cuyes (*Cavia porcellus*). Food and Agriculture Org. Roma, Italia. 93 p. Obtenido de <https://bit.ly/3B6VcSC>

Church, D; Pond, W. (1987). Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. Limusa. España. 438 p.

Church, D; Pond, W; Pond, K. (2002). Fundamentos de la Nutrición y Alimentación de Animales (2da ed.). Limusa. Mexico. 200 p.

Glatzle, A. (2008). Leucaena en ganadería: Cómo controlar la mimosina. INTTA, Chaco. Paraguay Obtenido de https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/13-controlar_mimosina.pdf

Huillca, J. (2013). Comparativo de rendimiento de 5 compuestos y dos variedades de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) en condiciones de K'ayra. Tesis para optar al título de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Perú. 190 p. Obtenido de <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/903?show=full>

Mar, L. J. (1987). Estudios preliminares para la utilización de la *Leucaena trichodes* (chamba) como forrajera. Tesis para optar al título de ingeniero zootecnista. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Perú. 63 p.

Martinez, C. A; Muñoz, L. E. (2017). Determinación de la Composición Química y Nutricional de la *Leucaena diversifolia* como Alternativa Forrajera para la Meseta de Popayán Cauca - Colombia. ResearchGate, 3-4. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/320754372_DETERMINACION_DE_LA_COMPOSICION_QUIMICA_Y_NUTRICIONAL_DE_Leucaena_diversifolia_COMO_ALTERNATIVA_FORRAJERA_PARA_LA_MESETA_DE_POPAYAN_CAUCA-COLOMBIA

McDonald, P; Edwards, R. A; Greenhalgh, J. F; Morgan, C. A. (1999). Nutrición Animal (5ta ed.). Acribia, S.A. Zaragoza. España. 600 p.

McDonald, P; Edwards, R. A; Greenhalgh, J. F; Morgan, C. A. (2006). Nutrición animal (6ta ed.). Acribia, S.A. Zaragoza. España: 604 p.

Osorio, E; Giraldo, J; Narváez, W. (2012). Metodologías para determinar la digestibilidad de los alimentos utilizados en la alimentación canina. Revista veterinaria y zootecnista, 6(1), 87-97. Recuperado a partir de <https://revistasoj.s.ucaldas.edu.co/index.php/vetzootec/article/view/4450>

Roque, O. J. (2019). Diferencias de la constante térmica en las fases fenológicas de dos variedades de amaranto (*Amaranthus caudatus* L.): precoz y tardía en la microcuenca del distrito de Ayacucho. Tesis para optar el grado de doctor en ciencias agropecuarias. Universidad Nacional de Huancavelica. Perú. 140 p. Obtenido de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2794>

Saavedra, C. E; Rodríguez, N. M; de Sousa Costa, N. M. (1985). Produccion de forraje, valor nutritivo y consumo de la *Leucaena leucocephala*. Pasturas tropicales - boletín, 9(2). Obtenido de http://ciat-library.ciat.cgiar.org/pasturas_tropicales/DOCUMENTS/1987-vol9-rev1-2-3/Vol9_rev2_a%C3%B1o87_art3.pdf

Safwat, A. M; Sarmiento-Franco, L; Santos-Ricalde, R. H; Nieves, D y Sandoval-Castro, C. (2015). Estimating Apparent Nutrient Digestibility of Diets Containing *Leucaena leucocephala* or *Moringa oleifera* Leaf Meals for Growing Rabbits by Two Methods. Asian Australas. J. Anim. Sci., 28(8), 1155-1162. DOI: 10.5713/ajas.14.0429

Sánchez, A; Gonzáles Cano, J; Farian Mármol, J. (2007). Evolucion comparada de la composición química con la edad al corte en las especies *Leucaena leucocephala* y *L. trichodes*. Zootecnia Tropical, 25(3), 233-236. Obtenido de https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692007000300016

Shimada, A. (2003). Nutricion Animal. Trillas. Mexico. 390 p.

Statistical Analysis System Institute Inc. (2016). Introducción a la programación en SAS® Studio 3.5. Cary, NC, USA. 36 p. Obtenido de https://support.sas.com/documentation/cdl_alternate/es/webeditorgs/68826/PDF/default/webeditorgs.pdf

Steel, R. G; Torrie, J. H. (1985). Bioestadística: principios y procedimientos (2da ed.). McGraw-Hill Interamericana. Bogotá. Colombia. 640 p.

Sumar, L. (1993). La kiwicha y su cultivo. Cusco. Perú. 79 p.

Torres, J; Zegarra, J; Veléz, V. (2010). Tablas de composición química nutricional de alimentos y forrajes. Universidad Católica de Santa María, Arequipa. Perú. 25 p.

Usca, J; Flores, L; Navarro, M. (2022). Manejo general de la cría del cuy. La caracola editores. Riobamba. Ecuador. 209 p.

Van Soest, P. (1982). Nutritional Ecology of the Ruminant (1st ed.). Ithaca: Cornell University Press.

Van Soest, P. (1994). Nutritional Ecology of the Ruminant (2nd ed.). University Press. Cornell. Ithaca. 488 p.

Vargas, E. (1989). Digestibilidad in-vivo de las granzas de kiwicha (*Amaranthus caudatus L.*) en conejos. Tesis para optar al título profesional de ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Perú. 96 p.

Vargas, M. L. (2023). Digestibilidad de la harina de alfalfa (*Medicago sativa L.*) y afrecho de cebada (*Hordeum vulgare*) en cuyes (*Cavia porcellus L.*). Tesis para optar al título profesional de ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Perú. 84 p. obtenido de <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/7779>

Villamide, M. J; Maertens, L; Cervera, C; Pérez, J. M; Xiccato, G. (2001). A critical approach of the calculation procedures to be used in digestibility determination of feed ingredients for rabbits. World Rabbit Science, 9(1), 19-25. DOI: <https://doi.org/10.4995/wrs.2001.442>

Zambrano, E. A. (2017). Utilización de la harina de *leucaena leucocephala* para la alimentación de cuyes en la etapa de crecimiento-engorde. Tesis para optar al título profesional de ingeniero Zootecnista. Escuela Superior Politécnico de Chimborazo. Riobamba. Ecuador. 104 p. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/7090>

XI. ANEXOS

Anexo 1. Proceso de elaboración de dietas balanceadas (Mezcla y peletizado)



Anexo 2. Cuyes en experimentación con sus dietas respectivas



Anexo 3. Control de peso de los cuyes



Anexo 4. Suministro de alimento y agua



Anexo 5. Colección de heces de cuyes (durante 5 días)



Anexo 6. Refrigeración de las heces de cuyes



Anexo 7. Determinación del peso seco de las heces (a 65 °C)



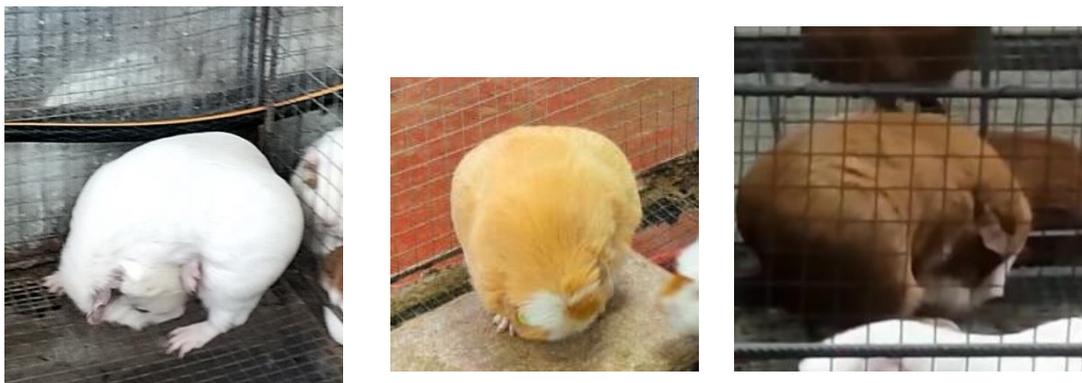
Anexo 8. Molienda de muestras de materias primas, dietas y heces



Anexo 9. Preparación de muestras (insumos, dietas y heces) para el laboratorio



Anexo 10. Cuyes haciendo la actividad de cecotrofia



Anexo 11. Pesos de los cuyes evaluados con la dieta con el 30% de rastrojo de kiwicha (Draki) y con la Dieta basal 1 (Db 1)

N° de cuy	Dieta	Peso inicial	Peso final
1	Draki	784	900
2	Draki	832	913
3	Draki	702	782
4	Draki	658	685
5	Draki	914	927
6	Draki	656	742
7	Draki	751	799
promedio		757	821
Desv.		95	94
1	Db 1	560	610
2	Db 1	615	685
3	Db 1	702	774
4	Db 1	854	933
5	Db 1	709	731
6	Db 1	778	885
7	Db 1	809	897
promedio		718	788
Desv.		105	121

Anexo 12. Pesos de los cuyes evaluados con la dieta con el 30% de harina de follaje de leucaena (Dhafole) y con la Dieta basal 2 (Db 2)

N° de cuy	Dieta	Peso inicial	Peso final
1	Dhafole	921	954
2	Dhafole	853	849
3	Dhafole	777	762
4	Dhafole	758	750
5	Dhafole	959	970
6	Dhafole	867	872
7	Dhafole	818	813
promedio		850	853
Desv.		73	86
1	Db 2	849	883
2	Db 2	827	863
3	Db 2	1038	1066
4	Db 2	827	853
5	Db 2	721	748
6	Db 2	852	895
7	Db 2	1012	1065
promedio		875	910
Desv.		112	116

Anexo 13. Prueba de t Student para consumo (g MS/día/cuy) de la dieta basal 1 (Db 1) y dieta basal con 30% de rastrojo de kiwicha (Draki).

Método	Varianzas	DF	Valor t	Pr > t
Agrupado	Igual	12	-1.87	0.0857
Satterthwaite	Desigual	11.47	-1.87	0.0868

Igualdad de varianzas				
Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Folded F	6	6	1.55	0.6092

Anexo 14. Prueba de t Student para el Coeficiente de Digestibilidad de la Materia Seca (CDMS, %) de la dieta basal 1 y la dieta basal 1 con 30% de rastrojo de kiwicha.

Método	Varianzas	DF	Valor t	Pr > t
Agrupado	Igual	12	20.03	<.0001
Satterthwaite	Desigual	11.531	20.03	<.0001

Igualdad de varianzas

Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Folded F	6	6	1.51	0.6319

Anexo 15. Prueba de t Student para el Coeficiente de Digestibilidad de la Materia Orgánica (CDMO, %) de la dieta basal 1 y la dieta basal 1 con 30% de rastrojo de kiwicha.

Método	Varianzas	DF	Valor t	Pr > t
Agrupado	Igual	12	20.36	<.0001
Satterthwaite	Desigual	9.2673	20.36	<.0001

Igualdad de varianzas

Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Folded F	6	6	3.38	0.1643

Anexo 16. Prueba de t Student para Coeficiente de Digestibilidad de Proteína Bruta (CDPB, %) de la dieta basal 1 y la dieta basal 1 con 30% de rastrojo de kiwicha.

Método	Varianzas	DF	Valor t	Pr > t
Agrupado	Igual	12	6.99	<.0001
Satterthwaite	Desigual	8.0571	6.99	0.0001

Igualdad de varianzas

Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Folded F	6	6	5.66	0.0534

Anexo 17. Prueba de t Student para el Coeficiente de Digestibilidad del Extracto Etéreo (CDEE, %) de la dieta basal 1 y la dieta basal 1 con 30% de rastrojo de kiwicha.

Método	Varianzas	DF	Valor t	Pr > t
Agrupado	Igual	12	1.79	0.0993
Satterthwaite	Desigual	11.962	1.79	0.0994

Igualdad de varianzas

Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Folded F	6	6	1.12	0.8939

Anexo 18. Prueba de t Student para el Coeficiente de Digestibilidad de Fibra Bruta (CDFB, %) de la dieta basal 1 y la dieta basal 1 con 30% de rastrojo de kiwicha.

Método	Varianzas	DF	Valor t	Pr > t
Agrupado	Igual	12	8.57	<.0001
Satterthwaite	Desigual	10.397	8.57	<.0001

Igualdad de varianzas

Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Folded F	6	6	2.29	0.3359

Anexo 19. Prueba de t Student para el Coeficiente de Digestibilidad de la Ceniza (CDCe, %) de la dieta basal 1 y la dieta basal 1 con 30% de rastrojo de kiwicha.

Método	Varianzas	DF	Valor t	Pr > t
Agrupado	Igual	12	20.03	<.0001
Satterthwaite	Desigual	11.531	20.03	<.0001

Igualdad de varianzas

Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Folded F	6	6	1.51	0.6319

Anexo 20. Prueba de t Student para el Coeficiente de Digestibilidad del Extracto Libre de Nitrógeno (CDELN, %) de la dieta basal 1 y la dieta basal 1 con 30% de rastrojo de kiwicha.

Método	Varianzas	DF	Valor t	Pr > t
Agrupado	Igual	12	10.86	<.0001
Satterthwaite	Desigual	6.7528	10.86	<.0001

Igualdad de varianzas

Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Folded F	6	6	15.88	0.0038

Anexo 21. Prueba de t Student para Coeficiente de Digestibilidad de Energia Bruta (CDEB, %) de la dieta basal 1 y la dieta basal 1 con 30% de rastrojo de kiwicha.

Método	Varianzas	DF	Valor t	Pr > t
Agrupado	Igual	12	22.29	<.0001
Satterthwaite	Desigual	11.206	22.29	<.0001

Igualdad de varianzas

Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Folded F	6	6	1.73	0.5240

Anexo 22. Prueba de t Student para consumo (g MS/día/cuy) de la dieta basal 2 (Db 2) y dieta basal con 30% de harina de follaje de leucaena (Dhafole)

Método	Varianzas	DF	Valor t	Pr > t
Agrupado	Igual	12	2.42	0.0321
Satterthwaite	Desigual	11.855	2.42	0.0324

Igualdad de varianzas

Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Folded F	6	6	1.25	0.7940

Anexo 23. Prueba de t Student para el Coeficiente de Digestibilidad de Materia Seca (CDMS, %) de la dieta basal 2 (Db 2) y dieta basal con 30% de harina de follaje de leucaena (Dhafole)

Método	Varianzas	DF	Valor t	Pr > t
Agrupado	Igual	12	1.27	0.2291
Satterthwaite	Desigual	11.857	1.27	0.2294

Igualdad de varianzas

Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Folded F	6	6	1.25	0.7959

Anexo 24. Prueba de t Student para el Coeficiente de Digestibilidad de Materia Orgánica (CDMO, %) de la dieta basal 2 (Db 2) y dieta basal con 30% de harina de follaje de leucaena (Dhafole).

Método	Varianzas	DF	Valor t	Pr > t
Agrupado	Igual	12	3.48	0.0046
Satterthwaite	Desigual	11.736	3.48	0.0047

Igualdad de varianzas

Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Folded F	6	6	1.35	0.7232

Anexo 25. Prueba de t Student para el Coeficiente de Digestibilidad de Proteína Bruta (CDPB, %) de la dieta basal 2 (Db 2) y dieta basal con 30% de harina de follaje de leucaena (Dhafole).

Método	Varianzas	DF	Valor t	Pr > t
Agrupado	Igual	12	-0.41	0.6909
Satterthwaite	Desigual	9.4043	-0.41	0.6929

Igualdad de varianzas

Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Folded F	6	6	3.21	0.1812

Anexo 26. Prueba de t Student para el Coeficiente de Digestibilidad de Extracto Etéreo (CDEE, %) de la dieta basal 2 (Db 2) y dieta basal con 30% de harina de follaje de leucaena (Dhafole).

Método	Varianzas	DF	Valor t	Pr > t
Agrupado	Igual	12	-0.16	0.8729
Satterthwaite	Desigual	8.8075	-0.16	0.8739

Igualdad de varianzas

Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Folded F	6	6	4.03	0.1143

Anexo 27. Prueba de t Student para el Coeficiente de Digestibilidad de Fibra Bruta (CDFB, %) de la dieta basal 2 (Db 2) y dieta basal con 30% de harina de follaje de leucaena (Dhafole).

Método	Varianzas	DF	Valor t	Pr > t
Agrupado	Igual	12	5.93	<.0001
Satterthwaite	Desigual	11.48	5.93	<.0001

Igualdad de varianzas

Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Folded F	6	6	1.54	0.6130

Anexo 28. Prueba de t Student para el coeficiente de Digestibilidad de Ceniza (CDCe, %) de la dieta basal 2 (Db 2) y dieta basal con 30% de harina de follaje de leucaena (Dhafole).

Método	Varianzas	DF	Valor t	Pr > t
Agrupado	Igual	12	1.27	0.2291
Satterthwaite	Desigual	11.857	1.27	0.2294

Igualdad de varianzas

Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Folded F	6	6	1.25	0.7959

Anexo 29. Prueba de t Student para el Coeficiente de Digestibilidad del Extracto Libre de Nitógeno (CDELN, %) de la dieta basal 2 (Db 2) y dieta basal con 30% de harina de follaje de leucaena (Dhafole).

Método	Varianzas	DF	Valor t	Pr > t
Agrupado	Igual	12	0.76	0.4617
Satterthwaite	Desigual	11.589	0.76	0.4622

Igualdad de varianzas

Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Folded F	6	6	1.46	0.6553

Anexo 30. Prueba de t Student para el Coeficiente de Digestibilidad de Energía Bruta (CDEB, %) de la dieta basal 2 (Db 2) y dieta basal con 30% de harina de follaje de leucaena (Dhafole).

Método	Varianzas	DF	Valor t	Pr > t
Agrupado	Igual	12	-5.92	<.0001
Satterthwaite	Desigual	9.4186	-5.92	0.0002

Igualdad de varianzas

Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Folded F	6	6	3.20	0.1830