

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA



TESIS

DIGESTIBILIDAD DEL GRANO DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) Y CASCARILLA DE CACAO (*Theobroma cacao*) EN CUYES (*Cavia porcellus L.*)

PRESENTADO POR:

Br. MOISES JANCCO JARA

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

ASESORES:

Ph.D. GILBERT ALAGON HUALLPA

M.Sc. GARDENIA TUPAYACHI SOLORZANO

FINANCIADO POR:

PROGRAMA “YACHAYNINCHIS WIÑARINANPAQ” - UNSAAC

CUSCO - PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

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

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: "Digestibilidad del grano de cebada (*Hordeum vulgare*) y cascavilla de cacao (*Theobroma cacao*) en cuyes (*Cavia porcellus L.*)"

Presentado por: MOISES JANCCO JARA DNI N° 95820996

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.	<input checked="" type="checkbox"/>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	<input type="checkbox"/>
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.	<input type="checkbox"/>

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

Cusco, 26 de enero de 2025

Firma

Post firma Gaspar Domínguez Zapayachi Soler

Nro. de DNI 42789402

ORCID del Asesor 0000-0002-8131-7223

ORCID 2º ASESOR: 0000-0003-0534-443X

DNI: 24463577

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 272593442500416

MOISÉS JANCCO JARA

“DIGESTIBILIDAD DEL GRANO DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) Y CASCARILLA DE CACAO (*Theobroma cacao*) EN CUY

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::27259:442500416

78 Páginas

Fecha de entrega

25 mar 2025, 12:11 p.m. GMT-5

19.391 Palabras

100.393 Caracteres

Fecha de descarga

25 mar 2025, 1:06 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

3 titulo. MOISÉS JANCCO JARA TESIS PARA titulo.docx

Tamaño de archivo

5.3 MB

8% Overall Similarity

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




Filtered from the Report

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

Exclusions

- ▶ 174 Excluded Matches

Top Sources

- 7%  Internet sources
- 1%  Publications
- 4%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

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

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

DEDICATORIA

Antes que todo, dedico mi trabajo de investigación a **Dios todopoderoso**, por brindarme fuerza, valor y sabiduría durante todas las fases de la investigación y por haber presentado a aquellas personas en mi camino que han sido mi soporte y compañía en el trayecto de mi vida; ya que ello me permitió concluir satisfactoriamente el trabajo de investigación y de esta manera cumplir una meta más en mi vida.

Dedico el presente trabajo de todo corazón a mi madre **Ermitania Jara Condori**, quien me dio la vida y educación con valores durante toda mi vida, por brindarme su apoyo incondicional tanto moral y económico, puesto que sin ello no sería posible ejecutar esta gran meta.

A mi papá **Augusto Mamani Cruz** por el gran motivación y orientación que me dio en una etapa de mi vida.

A mis hermanos: **Gimena Mamani Jara y Aldo Amir Mamani Jara** por su valioso apoyo incondicional moral.

A mi padrastro: **Yordan Inquillay Olave** por el gran apoyo moral y económico.

A mis abuelos, **Francisco Jara Cruz y Anacleta Condori Turpo**, por su fe, confianza y apoyo moral.

A mis tíos, por su apoyo incondicional y orientación: **Julio Jara Condori y Elías Jara Condori**.

AGRADECIMIENTOS

Al terminar uno de mis grandes anhelados objetivos dejo en constancia mi profundo agradecimiento:

En primer lugar, agradezco a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Agronomía y Zootecnia, Escuela Profesional de Zootecnia por haberme permitido alcanzar mi mayor aspiración, por convertirme en un gran profesional y en un hombre dispuesto a servir al sector agropecuario. Así como también agradezco a todos mis docentes que me inculcaron sus conocimientos día a día y su apoyo moral para seguir adelante.

Agradezco al proyecto, N° E041-2017-UNSAAC-02, “**Valoración nutritiva de materias primas y determinación de los requerimientos de energía y proteína para el desarrollo de piensos balanceados de cuyes (*Cavia Porcellus L.*)**”, el cual financio la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco y permitió la ejecución de la presente investigación.

También dejo en constancia mi agradecimiento a mis asesores de tesis: Al **Ing. Zoot. Ph.D. Gilbert Alagón Huallpa** y a la **Ing. Zoot. M.Sc. Gardenia Tupayachi Solórzano**, quienes me dieron la oportunidad de recurrir a su disponibilidad de tiempo, capacidad magistral y conocimiento científico, así mismo, por haberme brindado toda la paciencia del mundo en asesorías y orientaciones durante el desarrollo de la tesis.

A cada uno de los integrantes y compañeros de trabajo en el proyecto, por su apoyo constante y motivación durante el trayecto de investigación.

Gracias infinitas a mi madre por ser el pilar fundamental durante toda mi vida, por su apoyo incondicional tanto moral como económico y por darme las fuerzas necesarias para culminar todos mis estudios.

A mis amigos y compañeros de estudio de la Facultad de Agronomía y Zootecnia, de la Escuela Profesional de Zootecnia, mis agradecimientos por formar parte de mi vida universitaria compartiendo momentos gratos, aventuras y conocimientos.

Gracias a todos.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	x
GLOSARIO DE SIGLAS Y ABREVIATURAS	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN	2
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN.....	2
2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
2.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	2
2.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	3
III. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN	4
3.1. OBJETIVOS.....	4
3.1.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
3.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
3.2. JUSTIFICACIÓN.....	4
IV. MARCO TEÓRICO.....	6

4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	6
4.1.1. ANTECEDENTES NACIONALES	6
4.1.2. ANTECEDENTES LOCALES	8
4.2. MARCO TEORICO	9
4.2.1. DIGESTIBILIDAD	9
4.2.2. DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD	9
4.2.3. MÉTODOS PARA DETERMINAR LA DIGESTIBILIDAD	10
a. Método directo	10
b. Método indirecto o por diferencia	10
4.2.4. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD	11
4.2.5. PRUEBAS DE DIGESTIBILIDAD	12
a. Digestibilidad <i>in vivo</i>	12
b. Digestibilidad <i>in vitro</i>	12
c. Digestibilidad <i>in situ</i>	12
4.2.6. TIPOS DE DIGESTIBILIDAD	12
a. Digestibilidad aparente	13
b. Digestibilidad verdadera	13
4.2.7. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DIGESTIBILIDAD	14
a. Factores del alimento	14
b. Composición de los alimentos	14
c. Composición de la ración	15
d. Preparación de la dieta	15
e. Factores del animal	16
f. El factor de la actividad cecotrofia	16
g. Factores de manejo o de suministro de alimento	16

h. Consumo	17
i. Factores del ambiente	17
j. Otros factores	17
4.2.8. GRANO DE CEBADA (<i>Hordeum vulgare</i>)	17
4.2.9. CASCARILLA DE CACAO (<i>Theobroma cacao</i>)	20
a. Valor nutricional de la cascarilla de cacao	22
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
5.1. LUGAR DE ESTUDIO	23
5.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	23
5.2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	23
5.2.2. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN.....	23
5.2.3. LINEA DE INVESTIGACIÓN.....	23
5.3. INSTALACIONES, EQUIPOS Y MATERIALES.....	24
5.3.1. INSTALACIONES DE BIOTERIO	24
5.3.2. EQUIPOS	24
5.3.3. MATERIALES DE CAMPO Y LABORATORIO	24
a. Material biológico	24
b. Materiales de campo.....	25
c. Materiales de laboratorio	25
5.4. INSUMOS DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES A EVALUAR.....	26
5.4.1. PRODUCTOS ALIMENTICIOS (INSUMOS EVALUADOS).....	26
a. Grano de cebada.....	26
b. Cascarilla de cacao.....	26
5.4.2. PROCEDENCIA DE LAS MATERIAS PRIMAS	26

5.4.3.	DIETAS EXPERIMENTALES.....	27
5.4.4.	MEZCLA DE INGREDIENTES.....	29
5.4.5.	PROCESO DE PELETIZADO.....	29
5.5.	MÉTODOS.....	30
5.5.1.	DIGESTIBILIDAD <i>IN VIVO</i>	30
5.5.2.	PERIODO DE ADAPTACIÓN.....	30
5.5.3.	PERIODO DE EVALUACIÓN.....	30
a.	Consumo de alimento.....	30
b.	Suministro de agua.....	30
c.	Control de temperatura, ventilación y humedad.....	31
d.	Colección y manejo de heces.....	31
5.6.	DETERMINACIÓN DEL PESO SECO DE LAS HECES.....	31
5.7.	PROCESO DE MOLIENDA Y PREPARACIÓN EN BASE SECA.....	31
5.8.	ANÁLISIS QUÍMICO DE LABORATORIO DE INSUMOS, DIETAS Y HECES	
	31	
5.9.	DETERMINACIÓN DE LAS DIGESTIBILIDADES.....	32
5.9.1.	DIGESTIBILIDAD DE LAS 4 DIETAS EXPERIMENTALES.....	32
5.9.2.	DIGESTIBILIDAD DE LOS INSUMOS EVALUADOS.....	33
5.10.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	34
5.11.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	34
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	35
6.1.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL GRANO DE CEBADA Y CASCARILLA DE CACAO.....	35
6.1.1.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL GRANO DE CEBADA.....	35

6.1.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CASCARILLA DE CACAO	36
6.2. DIGESTIBILIDAD DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES	37
6.2.1. CONSUMO (g MS/DÍA/CUY) Y DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.....	37
6.3. DIGESTIBILIDAD DEL GRANO DE CEBADA Y CASCARILLA DE CACAO 42	
6.3.1. VALORACIÓN NUTRITIVA DE PCD, EED, FCD (%) Y ED (KCAL/KG MS) DE LOS INSUMOS EN ESTUDIO	43
VII. CONCLUSIONES	45
VIII. RECOMENDACIONES	46
BIBLIOGRAFIA	47
ANEXOS	53

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición química del grano de cebada.....	19
Tabla 2. Microminerales del grano de cebada de 2 niveles de PC 11.6% y 9.3%.....	19
Tabla 3. Microminerales y vitaminas del grano de cebada	20
Tabla 4. Energía digestible en otras especies monogástricas (kcal/kg)	20
Tabla 5. Proteína digestible del grano de cebada en otras especies monogástricas ..	20
Tabla 6. Valores Típicos de la Composición de la cascarilla de cacao	21
Tabla 7. Composición química de la cascarilla de cacao.....	21
Tabla 8. Distribución de tratamientos.....	25
Tabla 9. Ingredientes de la dieta basal 1 (para evaluar el insumo grano de cebada y la dieta grano de cebada en base fresca).....	27
Tabla 10. Ingredientes de la dieta basal 2 (para evaluar el insumo cascarilla de cacao y la dieta cascarilla de cacao en base fresca).....	28
Tabla 11. Composición química de las dietas experimentales (% MS)	29
Tabla 12. Composición química de los insumos en estudio	35
Tabla 13. Consumo (g MS/día), coeficientes de digestibilidad aparente (Da %) de la dieta basal 1 y la dieta grano de cebada (Dbasal 1 + 50% gc)	37
Tabla 14. Consumo (g MS/día), coeficientes de digestibilidad aparente (Da %) de la dieta basal 2 y dieta cascarilla de cacao (Dbasal 2 + 40% cc)	40
Tabla 15. Coeficiente de digestibilidad aparente (DA %) de las materias primas	42
Tabla 16. Valoración nutritiva de PCD, EED, FCD (%) y ED (kcal/kg MS) de las materias primas en estudio.....	44

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Preparación, mezcla y proceso de peletización de los alimentos	53
Anexo 2. Pellets de dietas experimentales	53
Anexo 3. Ensayo de digestibilidad	54
Anexo 4. Colección de heces	54
Anexo 5. Refrigeración de las heces colectadas	54
Anexo 6. Determinación del peso seco de las heces.....	55
Anexo 7. Molienda de muestras.....	55
Anexo 8. Preparación de muestras para el laboratorio	55
Anexo 9. Análisis de varianza y prueba del rango múltiple de Duncan para consumo de la dieta basal 1 y dieta grano de cebada (g MS/día/cuy).....	56
Anexo 10. Análisis de varianza y prueba del rango múltiple de Duncan para CDMS de la dieta basal 1 y la dieta grano de cebada (%).....	56
Anexo 11. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para CDMO de la dieta basal 1 y la dieta grano de cebada (%)	56
Anexo 12. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para CDPC de la dieta basal 1 y la dieta grano de cebada (%)	57
Anexo 13. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para CDEE de la dieta basal 1 y la dieta grano de cebada (%)	57
Anexo 14. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para CDFC de la dieta basal 1 y la dieta grano de cebada (%)	57
Anexo 15. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para CDEB de la dieta basal 1 y la dieta grano de cebada (%)	58

Anexo 16. Análisis de varianza y prueba del rango múltiple de Duncan para consumo de la dieta basal 2 y dieta cascarilla de cacao (g MS/día/cuy).....	58
Anexo 17. Análisis de varianza y prueba del rango múltiple de Duncan para CDMS de la dieta basal 2 y la dieta cascarilla de cacao (%).....	58
Anexo 18. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para CDMO de la dieta basal 2 y la dieta cascarilla de cacao (%)	59
Anexo 19. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para CDPC de la dieta basal 2 y la dieta cascarilla de cacao (%)	59
Anexo 20. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para CDEE de la dieta basal 2 y la dieta cascarilla de cacao (%)	59
Anexo 21. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para CDFC de la dieta basal 2 y la dieta cascarilla de cacao (%)	60
Anexo 22. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para CDEB de la dieta basal 2 y la dieta cascarilla de cacao (%)	60
Anexo 23. Análisis estadístico descriptivo de consumo (g MS/día/cuy) y coeficiente de digestibilidad de las dietas experimentales.....	61
Anexo 24. Análisis estadístico descriptivo de coeficiente de digestibilidad de las materias primas en estudio	62
Anexo 25. Análisis estadístico descriptivo de valoración nutritiva de PCD, EED, FCD (%) y ED (kcal/kg MS) de las materias primas en estudio.....	63
Anexo 26. Análisis estadístico descriptivo de valoración nutritiva de ED (kcal/kg MS) de las dietas experimentales.....	63

GLOSARIO DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

AOAC: Association of Official Analytical Chemists

EFSA: Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria

FEDNA: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal

INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática

INIA: Instituto Nacional de Investigación Agraria

Da: Digestibilidad aparente

BF: Base fresca

BS: Base seca

CD: Coeficiente de digestibilidad

CV: Coeficiente de variabilidad

MS: Materia seca

MO: Materia orgánica

PC: Proteína cruda

EE: Extracto etéreo

CE: Ceniza

FC: Fibra cruda

EB: Energía bruta

ELN: Extracto libre de nitrógeno

CDMS: Coeficiente de digestibilidad de materia seca

CDMO: Coeficiente de digestibilidad de materia orgánica

CDPC: Coeficiente de digestibilidad de proteína cruda

CDEE: Coeficiente de digestibilidad del extracto etéreo

CDFC: Coeficiente de digestibilidad de la fibra cruda

CDEB: Coeficiente de digestibilidad de la energía bruta

PCD: Proteína cruda digestible

EED: Extracto etéreo digestible

FCD: Fibra cruda digestible

ED: Energía digestible

gc: Grano de cebada

cc: Cascarilla de cacao

Dbasal 1: Dieta basal 1

Dbasal 1 + 50% gc: Dieta grano de cebada

Dbasal 2: Dieta basal 2

Dbasal 2 + 40% cc: Dieta cascarilla de cacao

Bioterio: Recinto diseñado para alojar animales de laboratorio en condiciones óptimas, con el fin de realizar crianza, experimentación, pruebas biológicas y enseñanza. Este espacio está equipado para cumplir con normativas y protocolos que satisfacen las necesidades de las especies alojadas, asegurando así el bienestar de los animales y la seguridad del personal que trabaja en él.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación “DIGESTIBILIDAD DEL GRANO DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) Y CASCARILLA DE CACAO (*Theobroma cacao*) EN CUYES (*Cavia porcellus L.*)” se llevó a cabo en el distrito de San Jerónimo, Provincia de Cusco en el periodo comprendido entre enero a febrero 2022. El objetivo general es determinar la composición química y el coeficiente de digestibilidad de los diferentes nutrientes del grano de cebada (*Hordeum vulgare*) y cascarilla de cacao (*Theobroma cacao*) en cuyes (*Cavia porcellus L.*), por medio de un ensayo de digestibilidad *in vivo*. Para este fin se utilizaron 28 cuyes, distribuidas al azar en jaulas metabólicas, asignándose 7 cuyes en la dieta basal 1 (Dbasal 1), 7 cuyes en la dieta grano de cebada (Dbasal 1 + 50% gc), 7 cuyes en la dieta basal 2 (Dbasal 2) y 7 cuyes en la dieta cascarilla de cacao (Dbasal 2 + 40% cc), todas en etapa de crecimiento; entre machos y hembras, con un peso promedio de 737 ± 141 g. Para análisis de la composición química se siguió el método de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC), para determinar el coeficiente de digestibilidad de los nutrientes de todas las dietas se estimó por diferencia entre cantidades de nutriente ingerida y la de nutriente excretada con las heces y para calcular la digestibilidad aparente de los nutrientes de las materias primas, grano de cebada y cascarilla de cacao, se calcularon de acuerdo al método de sustitución (Villamide *et al.*, 2001). El estudio tuvo una duración de 15 días divididos en dos periodos: adaptación de 10 días y evaluación de 5 días, en donde se midió el alimento consumido y producción de heces de cuyes en evaluación. Los resultados de los coeficientes de digestibilidad aparente obtenidos para grano de cebada fueron: $81.40 \pm 1.62\%$ de MS, $84.24 \pm 1.44\%$ de MO, $61.57 \pm 4.58\%$ de PC, $61.17 \pm 2.35\%$ de EE, $71.34 \pm 2.18\%$ de FC, $76.80 \pm 1.58\%$ de EB y 3253 ± 66.89 (kcal/kg MS) de ED; y los resultados de los coeficientes de digestibilidad aparente obtenidos para cascarilla de cacao fueron: $50.13 \pm 1.41\%$ de MS, $59.97 \pm 0.99\%$ de MO, $24.81 \pm 1.98\%$ de PC, $75.99 \pm 0.63\%$ de EE, $63.24 \pm 1.55\%$ de FC, $45.83 \pm 1.59\%$ de EB y 1962 ± 68.02 (kcal/kg MS) de ED. Los resultados obtenidos demuestran que el grano de cebada es una fuente con alto nivel de ED, mientras que la cascarilla de cacao se caracteriza como una fuente fibrosa de bajo valor nutricional para cuyes.

Palabras clave: Digestibilidad, grano de cebada, cascarilla de cacao, cuyes.

ABSTRACT

The objective of the research work was to determine the chemical composition and the digestibility coefficient of the different nutrients of barley grain flour (*Hordeum vulgare*) and cocoa husk (*Theobroma cacao*) in guinea pigs (*Cavia porcellus L.*), by means of an in vivo digestibility test. For this purpose, 28 guinea pigs in the growth stage were used; between males and females, with an average weight of 700 ± 110 g, randomly distributed in metabolic cages, seven guinea pigs being assigned to the basal diet 1 (Dbasal 1), seven guinea pigs to the barley grain flour diet (Dbasal 1 + 50 % hc), seven guinea pigs in the basal diet 2 (Dbasal 2) and seven guinea pigs in the cocoa husk diet (Dbasal 2 + 40% cc). For analysis of the chemical composition, the method of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC) was followed; to determine the digestibility coefficient of the nutrients of all the diets, it was estimated by the difference between the amounts of nutrient ingested and the amount of nutrient excreted with the feces and to calculate the apparent digestibility of the nutrients of the raw materials, barley grain flour and cocoa husk, were calculated according to the substitution method (Villamide *et al.*, 2001). The study lasted 15 days divided into two periods: adaptation of 10 days and experimental of five days, where the food consumed and feces production of the guinea pigs under evaluation were measured. The results of the apparent digestibility coefficients obtained for barley grain flour were: $81.40 \pm 1.62\%$ of DM, $84.24 \pm 1.44\%$ of OM, $61.57 \pm 4.58\%$ of CP, $61.17 \pm 2.35\%$ of EE, $71.34 \pm 2.18\%$ of CF, $76.80 \pm 1.58\%$ of GE and 3253 ± 66.89 (kcal/kg DM) of DE; and the results of the apparent digestibility coefficients obtained for cocoa husk were: $50.13 \pm 1.41\%$ of DM, $59.97 \pm 0.99\%$ of OM, $24.81 \pm 1.98\%$ of CP, $75.99 \pm 0.63\%$ of EE, $63.24 \pm 1.55\%$ of CF, $45.83 \pm 1.59\%$ of GE and 1962 ± 68.02 (kcal/kg DM) of DE. The results obtained demonstrate that barley grain flour is a source with a high level of DE, while cocoa husk is characterized as a fibrous source of low nutritional value for guinea pigs.

Keywords: Digestibility, barley grain flour, cocoa husk, guinea pigs.

I. INTRODUCCIÓN

La caviicultura, siendo una actividad económica cultural y social, actualmente es de gran importancia a nivel nacional y considerándose de esta manera una de las actividades pecuarias más importantes, debido a las características nutricionales de esta especie que aportan a la seguridad alimentaria y a la actividad económica familiar.

La producción de cuy a nivel nacional, paso de ser una simple crianza familiar a una actividad comercial, contribuyendo así en el incremento rentable de pequeños y medianos productores ubicados en regiones importantes del Perú.

Esta actividad ha contribuido a generar más trabajos en el sector rural, considerando la participación de la mujer un 84% como líder en esta cadena productiva (Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA], 2020).

En la crianza de cuyes, cuando el sistema de alimentación es solamente a base de forraje, se obtienen parámetros productivos e índices reproductivos bajos, ya que este tipo de alimentación cubre algunas necesidades de mantenimiento y pobremente algunas exigencias nutritivas.

Para tener óptimos rendimientos productivos es muy recomendable suministrar alimento balanceado en la alimentación de los cuyes. Por ello el componente de alimentación es muy importante en la respuesta bioeconómica (Cruz, 2018).

El grano de cebada y la cascarilla de cacao y son dos insumos utilizados en la alimentación animal ya que son fuentes de proteína y energía. La digestibilidad de estas dos materias primas ha sido intensamente estudiada en animales monogástricos como aves y cerdos, pero existe un vacío en el conocimiento de esta información con respecto al cuy. Es así que, la digestibilidad es un tema muy importante para tomar en cuenta en el estudio del valor nutritivo que posee los insumos como la cascarilla de cacao y el grano de grano de cebada, presentes en las raciones que consumen los cuyes, ya que esto nos indicará la magnitud de nutrientes aprovechados de estos dos insumos en el tracto digestivo del cuy. Esta información será de gran utilidad para formular dietas completas balanceadas en función de los requerimientos nutritivos del cuy.

II. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

El grano de cebada y la cascarilla de cacao es utilizado en la alimentación de los cuyes, sin embargo, existe muy poca información sobre la digestibilidad y el nivel de aprovechamiento de los nutrientes de estos dos insumos en esta especie (*Cavia porcellus L.*). Por ello, es muy importante contar con conocimiento veraz de lo mencionado anteriormente, con el objetivo de brindar más información sobre estos insumos, comprender su valor nutricional y facilitar al desarrollo de tablas de insumos para desarrollar dietas únicas que satisfagan las necesidades nutricionales de los cuyes.

2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, tener información completa de los valores nutritivos sobre cada insumo que usamos en la alimentación de nuestros animales, es importante para así conocer que es lo que les estamos brindando, ¿con qué fin se les está aportando?, ¿cuál es la composición química de este insumo? y sobre todo ¿cuál es el valor nutricional que tiene en los cuyes?, es por ello que la escasa información sobre el valor nutritivo del grano de cebada (*Hordeum vulgare*) y cascarilla de cacao (*Theobroma cacao*) se convierte en un problema que requiere estudios de digestibilidad *in vivo* con el fin de establecer coeficientes de digestibilidad de los respectivos nutrientes de estos insumos y construir tablas de alimentación para cuyes considerando su composición química y datos nutricionales obtenidos. Y es por ello que se genera las siguientes interrogantes:

2.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la composición química y la digestibilidad del grano de cebada y la cascarilla de cacao en cuyes?

2.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es la composición química del grano de cebada y la cascarilla de cacao?
- ¿Cuáles son los coeficientes de digestibilidad de los diferentes nutrientes del grano de cebada y la cascarilla de cacao en cuyes?

III. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

3.1. OBJETIVOS

3.1.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer la composición química y la digestibilidad del grano de cebada y la cascarilla de cacao en cuyes.

3.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la composición química: materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), ceniza (CE), extracto libre de nitrógeno (ELN) y energía bruta (EB) del grano de cebada y de la cascarilla de cacao.
- Determinar la digestibilidad *in vivo* de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), energía bruta (EB) y establecer los valores de proteína digestible (PD) y energía digestible (ED) del grano de cebada y la cascarilla de cacao en cuyes.

3.2. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación generará conocimientos básicos con los resultados sobre la composición química, digestibilidad de los nutrientes y valores nutricionales del grano de cebada y cascarilla de cacao en cuyes.

La cebada al ser un insumo energético con mayor disponibilidad en el sur peruano y con una buena adaptabilidad climática, es necesaria su evaluación en la alimentación de cuyes.

La cascarilla de cacao es un subproducto agroindustrial que se oferta en el mercado local y nacional y al ser un insumo con alto contenido en fibra es importante la evaluación de estas en cuyes, ya que esta especie se clasifica como un fermentador post gástrico.

En la actualidad existe muy poca información sobre estudios de digestibilidad del grano de cebada y la cascarilla de cacao en cuyes y consecuentemente un vacío en

el conocimiento científico sobre estos temas. Por tal motivo se justifica el estudio del trabajo de investigación, con el propósito de contribuir los resultados confiables al conocimiento científico y de esta manera aportar información en la construcción de tablas de composición química y valores nutricionales útiles para la formulación de dietas balanceadas para cuyes y consecuentemente cubrir los requerimientos nutricionales de esta especie y finalmente difundir esta información a los demandantes de la cadena productiva de cuyes.

En consecuencia, cada resultado obtenido en este trabajo de investigación, facilitará tener información confiable sobre el valor nutricional y composición química del grano de cebada y la cascarilla de cacao, cuyos productos pueden ser utilizados como fuentes alimenticias en la producción animal, optimizando así los costos de alimentación.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

4.1.1. ANTECEDENTES NACIONALES

Farro (2012) realizó un estudio denominado “Digestibilidad aparente, energía digestible y metabolizable de cascarilla de cacao, polvillo de arroz y harina de pituca (*Colocasia esculenta*) en cuyes (*Cavia porcellus*)”, cuyo objetivo fue determinar la digestibilidad, energía digestible y metabolizable de cascarilla de cacao, polvillo de arroz, y harina de pituca en cuyes en crecimiento, la alimentación se realizó por sustitución a una dieta base (cuyina E), los animales experimentales fueron distribuidos en cuatro tratamientos: de los cuales existían tres tratamientos con insumo problema y un control o dieta base dentro de cada tratamiento cada animal se consideró una repetición. Tratamiento 1: 80% dieta base + 20% cascarilla de cacao, tratamiento 2: 80% dieta base + 20% polvillo de arroz, tratamiento 3: 80% dieta base + 20% harina de pituca, tratamiento 4: 100% dieta base. La digestibilidad y el metabolismo de los nutrientes se estimaron mediante el método de Matterson. La digestibilidad y el metabolismo fueron estimados mediante el análisis estadístico descriptivo calculando el promedio y desviaciones estándar de cada uno de las materias primas. El coeficiente de digestibilidad de la cascarilla de cacao, polvillo de arroz y harina de pituca para la materia seca digestible fue: 39.37, 47.23, 32.2% y para PO: 8.71%; 7.84% 1.63%, respectivamente; el coeficiente de digestibilidad de la energía bruta fue: 44.91%, 56.13% y 40.03%; coeficiente matabolizable: 44.4%, 55.53%, 36.23% ,respectivamente; ED: 1,794.05 kcal/kg, 2,531,88 kcal/kg y 1,251.84 kcal/kg, EM: 1,773.77, 2504.68 y 1,133.23 kcal/kg, respectivamente.

Pilco (2022) indicó en su estudio titulado “Valor nutricional y estimación de energía de la harina de cebada en cuyes en altura”, tuvo como objetivo determinar el valor nutricional y estimar la energía de la harina de cebada en cuyes en crecimiento criados en altura, las variables de medición fueron: composición química, consumo y digestibilidad de MS, y valor energético. El trabajo se llevó acabo en el bioterio de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, se utilizaron doce cuyes de la línea Perú de dos meses de edad, asignadas aleatoriamente en tres tratamientos: tratamiento 0 (sin harina de cebada), tratamiento 1 (20% harina de cebada) y tratamiento 2 (40% harina

de cebada). El consumo voluntario se determinó a partir de la diferencia entre los alimentos ofrecidos y rechazados, la digestibilidad por métodos convencionales *in vivo* y los valores energéticos se estimaron como nutrientes digestibles totales y energía digestible. Se usó un diseño completamente al azar y para comparar medias se utilizó la prueba de Dunnett y la prueba de T (student) . Los resultados obtenidos de la composición química de la harina de cebada fueron: 9.02% de humedad, 14.62% de proteína total, 9.46% de extracto etéreo , 32% de fibra neutra detergente, 5.06% de ceniza y 29.84 % de GNF; la ingestión de MS de acuerdo al peso metabólico fue: 58.6 ± 7.4 , 54.6 ± 7.5 y 56.1 ± 6.6 g/Wkg 0.75 ($p > 0.05$); el coeficiente de digestibilidad de la dieta fue: 73 ± 1.5 , 65.9 ± 3.9 , $69.8 \pm 4.8\%$ ($p \leq 0.05$), el estimado del valor energético de NDT fue: 70.4 ± 1.5 , 62.9 ± 3.9 , $66.9 \pm 4.1\%$ ($p < 0.05$) y de la energía digestible fue de 3.3 ± 0.07 , 2.9 ± 0.2 , 3.1 ± 0.2 Kcal/g ($p < 0.05$), para el tratamiento 0, tratamiento 1 y tratamiento 2 ,respectivamente. Se concluyó que la dieta de los cuyes puede contener hasta un 40% de harina de cebada debido a su valor nutricional y valor energético.

Saucedo (2023) realizó un estudio titulado “Determinación del coeficiente digestible aparente de la energía del aceite de palma, torta de palmiste y cascarilla de cacao en *Cavia porcellus L.* (cuyes)”, cuyo objetivo fue determinar el coeficiente digestible de la energía del aceite de palma, torta de palmiste y cascarilla de cacao en cuyes. Se utilizaron 28 cuyes de la línea Perú en etapa de crecimiento, con 685 ± 84 g de peso vivo promedio, se asignaron en cuatro tratamientos: dieta uno (control), dieta dos (15% aceite de palma), dieta tres (15% torta de palmiste) y dieta cuatro (30% torta de cascarilla de cacao); un cuy por cada grupo y en cuatro grupo siete repeticiones, para todos se realizó el manejo mismo manejo. Los resultados obtenidos mediante estadística descriptiva como media y error estándar del promedio, usando INFOSTAT fueron; materia seca: 99.86; 90.78 y 92.61% y energía bruta: 9,380.19; 4,324.04 y 4,663.06 (kcal/kg) para aceite de palma, torta de palmiste y cascarilla cacao, respectivamente. El coeficiente de digestibilidad de la MS y la ED del aceite de palma, torta de palmiste y cascarilla de cacao fueron: 85.29, 65.73 y 65.80% de materia seca (MS) y 76.56, 43.94 y 49.56% de energía digestible (ED), respectivamente. Asimismo, la energía digestible ED para cuyes del aceite de palma, torta de palmiste y cascarilla de cacao fueron: 7,181, 1900 y 2,311 (kcal/kg).

4.1.2. ANTECEDENTES LOCALES

Alagón *et al.* (2022) realizaron un estudio titulado “Composición química, de aminoácidos y digestibilidad de la materia seca y orgánica de tres materias primas utilizadas en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus L.*)”, cuyo objetivo fue determinar la composición química, aminoácidos y la digestibilidad de tres materias primas: harina de alfalfa, afrecho de cebada y cascarilla de cacao en cuyes en etapa de crecimiento. Se utilizaron 28 cuyes entre machos y hembras, con una edad de 30 días, asignadas en las jaulas metabólicas, se realizaron pruebas de digestibilidad con 10 días de adaptación y cinco días de colección de heces, en el Bioterio de nutrición animal de la Escuela de Zootecnia de UNSAAC. En el laboratorio de nutrición animal se realizaron los análisis químicos de las materias primas y de las heces. La base de datos generada fue mediante estadística descriptiva. Los resultados alcanzados fueron, composición química, DMS y DMO, proporcionando información parcial que puede ser incluida en la formulación de una dieta balanceada para cuyes en crecimiento.

Vargas (2023) realizó un estudio titulado “Digestibilidad de la harina de alfalfa (*Medicago sativa L.*) y afrecho de cebada (*Hordeum vulgare*) en cuyes (*Cavia porcellus L.*)”, tuvo como objetivo determinar la composición química y la digestibilidad de los diferentes nutrientes de las materias primas señaladas anteriormente, por medio de un ensayo de digestibilidad *in vivo*. Para el experimento se utilizaron 21 cuyes, tanto machos como hembras en etapa de crecimiento, con peso vivo promedio de 795 g, asignadas al azar en jaulas de digestibilidad, siete cuyes por cada dieta experimental: dieta basal, dieta harina de alfalfa, dieta afrecho de cebada. Para el análisis de la composición química se utilizó el método de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC), para determinar el coeficiente de digestibilidad de cada una de las dietas se calculó como la diferencia entre la cantidad de nutrientes ingeridos y la cantidad de nutrientes excretados y para estimar el coeficiente de digestibilidad de los insumos: harina de alfalfa y afrecho de cebada, se determinaron a través del método de sustitución. El ensayo duró 15 días y se dividió en dos fases: un periodo de adaptación de 10 días y un periodo experimental de 5 días. Se evaluó el consumo de alimento y la producción fecal (heces) de cada cuy experimental. Los resultados alcanzados para el coeficiente de digestibilidad de la harina de alfalfa

fueron: $61.35 \pm 3.80\%$ de materia seca (MS), $61.43 \pm 3.75\%$ de materia orgánica (MO), $70.99 \pm 2.62\%$ de proteína cruda (PC), $38.35 \pm 4.40\%$ de extracto etéreo (EE), $66.21 \pm 6.51\%$ de ceniza (CE), $54.52 \pm 7.68\%$ de fibra cruda (FC), $63.66 \pm 6.61\%$ de extracto libre de nitrógeno (ELN) y $59.27 \pm 3.74\%$ de energía bruta (EB), por otro lado, la energía digestible (ED) fue de 2473 ± 155.85 (kcal/kg MS); y los resultados alcanzados para el coeficiente de digestibilidad del afrecho de cebada fueron: $42.82 \pm 4.22\%$ de materia seca (MS), $42.04 \pm 4.08\%$ de materia orgánica (MO), $76.74 \pm 8.56\%$ de proteína cruda (PC), $61.87 \pm 8.18\%$ de extracto etéreo (EE), $51.86 \pm 15.47\%$ de ceniza (CE), $19.45 \pm 9.80\%$ de fibra cruda (FC), $37.24 \pm 4.17\%$ de extracto libre de nitrógeno (ELN), $43.43 \pm 3.61\%$ de energía bruta (EB) y la energía digestible (ED) fue de 1929 ± 160.18 (kcal/kg MS).

4.2. MARCO TEORICO

4.2.1. DIGESTIBILIDAD

La importancia de los alimentos para contribuir los distintos nutrientes se puede resolver a través de un análisis químico, pero el valor efectivo solo se puede saber después de tener en cuenta las pérdidas irremediables que se ocasionan en el proceso de absorción, digestión y metabolismo. Lo primero que se debe descartar a los alimentos es la fracción no digerida y excretada en las heces (McDonald *et al.*, 1999).

Estudios sobre la digestibilidad, menciona que, gracias a la absorción en el tracto gastrointestinal, la digestibilidad puede medir la absorción o desaparición de los nutrientes (Maynard, 1988, como se citó en Aguirre, 2008).

4.2.2. DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD

Un estudio de digestibilidad implica en la estimación del consumo de un alimento suministrado a un animal y la colección total de las heces de los animales; en relación al alimento en estudio, se siguen diferentes técnicas para la colección de excretas sin contaminar con la orina, los animales experimentales se mantienen en jaulas de digestibilidad para el inicio del experimento. Es importante que las excretas colectadas sean cuantitativamente representativas, que las excretas colectadas no

incluyan excretas de ninguna ración que se haya ingerido antes del estudio (Bondi, 1989).

El método es definido como el ensayo que formula una dieta basal y otra dieta para la evaluación, esta última lo conforman una mezcla basal y una materia prima a estudiar, por consiguiente, el coeficiente de digestibilidad de la materia prima a estudiar se determina por diferencia (Parra y Gómez, 2008, como se citó en Vela, 2020).

4.2.3. MÉTODOS PARA DETERMINAR LA DIGESTIBILIDAD

a. Método directo

Este método de ensayo tiene como única fuente de nutriente al alimento que se quiere estudiar o evaluar. El método directo, tiene como objetivo puntualizar el coeficiente de digestibilidad de los aminoácidos y de la proteína cruda (Parra y Gómez, 2008).

En este método generalmente se debe usar 4 a 6 animales por tratamiento y de esta manera encontrar diferencias entre dietas. Es importante tener en cuenta cuantitativamente las heces recogidas y no se debe incluir heces que proceden de alguna otra ración ajena al experimento (Bondi, 1989).

b. Método indirecto o por diferencia

Según Parra y Gómez (2008) el método por diferencia, consiste en formular una dieta basal que incluye proteína cruda y que proporciona fuentes de nitrógeno y aminoácidos a los animales. Y la otra dieta principal a evaluarse esta constituida entre la mezcla del ingrediente a estudiarse y la dieta basal. Si no existe interacción entre el ingrediente a evaluarse y la digestibilidad de aminoácidos de la dieta basal, se puede hallar por diferencia la digestibilidad del ingrediente usando la fórmula propuesta por (Fan y Sauer, 1995).

$$\text{Digestibilidad por diferencia (Ddif)} = \frac{Dd - Db \times Sb}{Sa} \times 100$$

Donde:

Dd= Digestibilidad de un nutrimento en la dieta ensayo

Db= Digestibilidad de un nutrimento en la dieta basal

Sb= Nivel de contribución de un nutrimento de la dieta basal en la dieta ensayo (Sb= 1- Sa)

Sa= Nivel de contribución de un nutrimento a evaluar en la dieta ensayo

Teniendo en cuenta las dos pruebas a administrar; la primera compuesta solo por la dieta basal y la segunda compuesta por la mezcla del alimento en estudio y la dieta basal, obteniéndose así la digestibilidad de sus nutrientes en los dos casos. Los desechos fecales se procede a medir por el método de colección total en ambos casos. En este método se debe suponer que la dieta basal en ambos casos tiene el mismo porcentaje de digestibilidad de nutriente. Por otra parte al tener la digestibilidad de ambas pruebas, la digestibilidad neta del alimento en estudio se obtiene por diferencia, se debe aclarar que en la heces obtenidas, el nutriente fecal es consecuencia del alimento problema (Crampton y Harris, 1974, como se cito en Puelles, 2019).

4.2.4. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD

El coeficiente de digestibilidad se determina como la diferencia entre la cantidad de nutrientes ingeridos y la cantidad de nutrientes excretados (Bondi, 1989). Según, la siguiente expresión:

$$Da = ((Ni - Ne) / Ni) \times 100$$

Dónde:

Da=Digestibilidad aparente

Ni= Nutriente ingerido

Ne=Nutriente excretado

4.2.5. PRUEBAS DE DIGESTIBILIDAD

a. Digestibilidad *in vivo*

Según Huarco (2012) esta prueba consiste en tratar con animales cuya alimentación suministrada es muy conocida y de esta manera conocer la digestibilidad. Para aplicar pruebas de digestibilidad en vivo, es necesario conocer y escoger uno de los métodos más usados, el convencional (método directo) o el método indirecto (por diferencia) y para hallar el grado de digestibilidad del alimento en estudio, ahora bien, esta prueba tiene por finalidad saber el grado de nutrientes de un alimento o dieta que son absorbidos en el conducto gastrointestinal.

b. Digestibilidad *in vitro*

La manera de trabajar en esta prueba es incubando las muestras en un cierto periodo de tiempo, las muestras en estudio son los alimentos expuestos a la acción de ciertas enzimas digestivas como la celulosa, la tripsina, liquido ruminal, la pepsina y entre otros. Al hacer esta prueba, gracias a la acción hidrolítica de las enzimas, los alimentos en prueba pierden su masa y por consiguiente se obtiene resultados como muestra digestible (Huarco, 2012).

c. Digestibilidad *in situ*

Esta prueba consiste en situar muestras de evaluación en el rumen o en el primer compartimiento del estómago. Se realiza en animales fistulados (Huarco, 2012).

4.2.6. TIPOS DE DIGESTIBILIDAD

Huarco (2012) define la digestibilidad como el total de nutrientes digeridos (desaparece) en la trayectoria del tubo gastrointestinal. Al conocer las cualidades químicas de los alimentos, se procede a evaluar el promedio total de nutrientes que son aprovechados por el animal.

a. Digestibilidad aparente

Es un método donde se tiene en cuenta las heces y solo facilita saber la cantidad de alimento asimilado por el animal. Esta metodología te permite conocer la disposición de la proteína proveniente de la dieta o de la segregación de nitrógeno endógeno (NE). La cantidad de proteína cruda en la dieta, afectan a los resultados o valores de la digestibilidad aparente. El desperdicio del nitrógeno endógeno es causada por el desprendimiento de células de la mucosa intestinal, secreción biliar y gástrica, enzimas intestinales y pancreáticas, mucoproteínas, saliva y la proteína de procedencia bacteriana (Parra y Gómez, 2008).

La fórmula para hacer el cálculo de la digestibilidad aparente es mediante la diferencia de la cantidad de nutriente consumido menos la cantidad del nutriente excretado esto sobre la cantidad de nutrientes consumidos en las heces fecales.

$$\text{Digestibilidad Aparente (DA)} = \frac{\text{Nutriente consumido} - \text{nutriente excretado}}{\text{Nutriente consumido}} \times 100$$

La importancia de la digestibilidad aparente, considerando la nutrición, ya que los nutrientes metabólicos fecales contribuyen como requerimientos de mantención y deben ser consideradas en la dieta (Cañas, 1995, como se citó en Huarco, 2012).

b. Digestibilidad verdadera

Según Parra y Gómez (2008) el método para hallar la digestibilidad verdadera, es considerando la excreción de nitrógeno endógeno en los cálculos estudiados a nivel fecal, debido a lo cual se tiene datos más exactos de la digestión de un alimento. Este método de digestibilidad ayuda a formular o elaborar dietas en las cuales las exigencias del alimento sean contribuidas de manera adecuada.

La digestibilidad verdadera es calculada según la siguiente fórmula o ecuación:

$$DV = \frac{\text{Nutriente consumido} - \text{nutriente excretado origen alimentario}}{\text{Nutriente consumido}} \times 100$$

Dónde:

DV= Digestibilidad Verdadera

Este método es similar a la digestibilidad aparente, más que todo en el suministro del alimento. La única diferencia es que se resta los nutrientes metabólicos fecales para diferenciar el origen de los nutrientes que se puede encontrar en las heces, y la manera de realizarlo es a través de estudios, como el cálculo adicional de los gases, la orina, calor generado, entre otros (Shimada, 2003; Cañas, 1995, como se citó en Huarco, 2012).

4.2.7. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DIGESTIBILIDAD

a. Factores del alimento

Los alimentos, según Church (2002) son sustancias que se consumen para sobrevivir y que proporcionan todos los elementos químicos necesarios para el organismo. Los nutrimentos o nutrientes son los compuestos presentes en los alimentos que son esenciales para el crecimiento, la reparación y el mantenimiento del organismo.

Los alimentos utilizados pasan por procesos como la molienda, el hojuelado, la peletización y entre otros. Estos procesos ayudan el paso del alimento por el tracto gastrointestinal de manera rápida. También facilitan el mayor consumo, reflejando así mejores respuestas por parte del animal (Mora, 2002, como se citó en Puellas, 2019).

En la digestibilidad de un alimento existen factores que influyen bastante, así como el estado fisiológico, el contenido nutricional y el tamaño de partícula del alimento. Un claro ejemplo a mencionar es la fracción de la fibra cruda que tiene mayor influencia debido a su composición química o por su cantidad (Cañas, 1995, como se citó en Huarco, 2012).

b. Composición de los alimentos

La composición química y la digestibilidad de los alimentos tienen una estrecha relación, por ejemplo, la cebada, tiene una composición que varía un poco de una partida a otra, en definitiva, tiene ciertas alteraciones en la digestibilidad. Existen alimentos como la hierba fresca o preservada que tienen una composición muy variable, y a causa de ello, su digestibilidad es muy inestable. Algunas carencias o excedentes de nutrientes pueden disminuir la digestibilidad de los alimentos, esto se puede notar en alimentos contenidos de sílice que restringe la digestibilidad. En el

caso de animales no rumiantes, tienen alimentos con ciertos componentes que se adhieren a los aminoácidos y proteínas, claro ejemplo esta los taninos que reducen su digestibilidad (McDonald *et al.*, 1999).

c. Composición de la ración

La ración es la cantidad total de alimento que recibe un animal en un lapso de 24 horas. Los alimentos, además de su particular composición, también es afectada en su digestibilidad por algunos alimentos devorados al mismo tiempo. Y según esto, podría notarse que, si se administrara en partes iguales un alimento grosero (cuya digestibilidad de MS fuese 0,6) y un concentrado (con digestibilidad 0,8), en una ración mixta, la digestibilidad de la ración global sería distinta al valor esperado 0,7. En estos casos asociativos los resultados de digestibilidad suelen ser negativos (dicho de otra manera, las raciones mixta tienen una baja digestibilidad a lo esperado) y es más evidente cuando se administra con concentrados amiláceos en alimentos groseros de muy baja condición (McDonald *et al.*, 1999).

La digestibilidad de un alimento o dieta es afectada por sus cualidades organolépticas y por sus niveles de ingredientes. Dado que alimentos poco palatales disminuyen el consumo y se alcanza valores mínimos de energía metabolizable aparente (Arenaza, 1996, como se citó en Meza, 2021).

d. Preparación de la dieta

La dieta se entiende como el conjunto y las proporciones de los alimentos o la combinación de estos que forman el patrón nutricional de los organismos. (Clavijo, 2011). Los alimentos administrados son mucho mejor si son triturados, aplastados o molidos. Pero lo más recomendable sería no suministrar alimento finamente molido, esto debido a que reduce la digestibilidad, por su consistencia pulverulenta o por su trayecto más rápido a través del tracto gastrointestinal (Maynard *et al.*, 1981, como se citó en Meza, 2021).

Entonces la disminución del tamaño de partículas mediano, ayuda en la digestión y absorción, más que todo en monogástricos, cuyos animales mastican en un menor tiempo (Totsuka, 1977, como se citó en Meza, 2021).

e. Factores del animal

La digestibilidad depende mucho de algunos factores obvias del animal, como por ejemplo el estado fisiológico, el nivel de consumo, movimientos del animal, especie, edad, sexo y entre otros. Para el presente trabajo de investigación se usaron entre machos y hembras, ya que según Pareja (2024) en trabajos de digestibilidad de la materia seca (DMS) y digestibilidad de la materia orgánica (DMO) no encontró diferencia estadística ($P>0.05$) entre sexos.

En la digestibilidad de alimentos fibrosos hay ciertas diferencias entre los rumiantes y los no rumiantes (Cañas, 1995, como se citó en Huarco, 2012).

El cuy tiene una excelente fisiología digestiva, uno por poseer un estomago de digestión enzimática y otro por poseer un ciego y colon de digestión microbiana. Estas cualidades facilitan una mejor digestión de la proteína de alimentos energéticos o proteicos en comparación con los rumiantes. Cabe mencionar que el cuy es menos eficiente en la digestión de alimentos fibrosos como el forraje (Moreno, 1989; Esquerre *et al.*, 1974, como se citó en Puelles, 2019).

f. El factor de la actividad cecotrofia

La cecotrofia puede afectar de cierta manera en la digestibilidad de la fibra y que cierta cantidad de contenido puede quedarse en el ciego por un tiempo para luego ser eliminada. Es por este motivo que la cecotrofia también puede ser llamada como un mecanismo de excreción selectiva (Cheeke, 1995, como se citó en Puelles, 2019).

g. Factores de manejo o de suministro de alimento

Algunos factores relacionados que influyen en la digestibilidad son, frecuencia de alimentación, uso de concentrados y raciones, procesamientos como el molido, picado, peletizado y el manejo en el suministro de agua como bebida. Algunas cuestiones asociativas de los alimentos afectan la determinación de la digestibilidad de concentrados (Cañas, 1995, como se citó en Huarco, 2012).

h. Consumo

El consumo voluntario de un alimento se entiende como la cantidad que ingiere un animal cuando tiene acceso a él. El consumo puede expresarse en términos de cantidad diaria (kg/día), proporción al peso (%) y cantidad por unidad de peso metabólico ($\text{g/WKg}^{0.75}$) (Roque, 2015). En el consumo pueden influir varios factores como su sabor, aroma, textura y composición química. Al incrementar la cantidad consumida de un alimento en particular, esta produce su paso más rápido por el tracto digestivo. Y esto provoca un menor tiempo de la acción de las enzimas digestivas sobre los alimentos, y que reduce la digestibilidad del alimento. Y como es de esperar, los alimentos de digestión más lenta son los más afectados en su digestibilidad por el paso más rápido de estas a través del tracto digestivo (McDonald *et al.*, 1999).

La ingestión en los animales, es el proceso de llevar alimentos o líquidos al sistema digestivo para nutrirse o hidratarse. Los animales suelen ajustar su ingesta diaria de alimento a corto y largo plazo a través de respuestas fisiológicas complejas que dependen de su dieta, al ambiente y sus requerimientos energéticos (Church, 2002).

i. Factores del ambiente

Algunos aspectos del ambiente como la temperatura, ventilación, humedad ambiental e iluminación afectan de cierta manera a los animales en su consumo y por ende en la digestibilidad (Cañas, 1995, como se citó en Huarco, 2012).

j. Otros factores

Existen otros factores como los malos cálculos en mediciones experimentales, o digestibilidades asociadas como por ejemplo la sinérgica o antagónica, lo que hacen los animales seleccionar (Cañas, 1995, como se citó en Huarco, 2012).

4.2.8. GRANO DE CEBADA (*Hordeum vulgare*)

La cebada (*Hordeum vulgare*) se encuentra de dos tipos en el mercado nacional: la cebada de dos carreras o más conocida como cervecera o y la de seis carreras o caballar. La composición del grano de cebada está dada por un 78.5% de endospermo (esto incluye la aleurona), 18% de pericarpio y 3.5% de germen. El endospermo es básicamente de carácter harinoso, hay que resaltar la prominencia

de proteína, fibra, azúcares y triglicéridos en la capa de aleurona. El pericarpio al contener sílice en la epidermis es abrasivo y está completamente lignificado. El germen es caracterizado por contener azúcares tales como la sacarosa, rafinosa y fructosanas. El valor nutritivo del grano de cebada es afectado de manera mínima por los procesados que recibe. La proporción en almidón y amilasa de la cebada, son mínimas en comparación a los del maíz y trigo. El grano de cebada tiene un contenido mayor fibra gracias a la presencia de las glumas, aunque las magnitudes de lignificación son mínimas (6% de LAD sobre FND). La fibra en su mayoría está compuesta en porcentajes muy variables de β -glucanos (1.6 – 8.3 %) y pentosas (4.4 – 8.7 %) considerando su diversidad en climatología y procedencia. El β -glucanos es parecido al de la avena en contenido medio y superior al del maíz, trigo y centeno. Teniendo en cuenta su ubicación (capa de aleurona y pared celular del endospermo), la proporción de esta incrementa en granos descubiertos y así mismo la cebada cervecera (2 carreras) es superior al de 6 carreras en su diversificación. La relación de las proteínas solubles, como las albuminas y globulinas, con respecto a las proteínas totales son maso menos altas (25%). Por un lado, el grano de cebada incluye un 23% de glutelina y un 52% de prolamina (hordeína). Haciendo comparaciones con el trigo en la calidad proteica y la degradabilidad ruminal de proteína (75%) son parcialmente altas.

La cebada, referente a las características nutricionales más fundamentales, posee una baja disposición de grasa (menor a 2%) y ácido linoleico (0.7%) influyendo así en temas de calidad. Es necesario resaltar que algunas vitaminas del grupo B como la riboflavina, tiamina, piridoxina y ácido pantoténico se encuentran como fuente en este alimento y adicionalmente también podemos encontrar el niacina, pero cabe mencionar que en monogástricos es escasa (10%) (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal [FEDNA], 2019).

La harina o también conocida como “hechizo” de cebada es obtenida gracias a la molienda de esta como subproducto a partir del grano de cebada y es bastante usado como fuente alimenticia para animales. También mencionan que la cebada tiene una digestibilidad de 91.4 % de materia seca en cobayos y contribuye 10.2% PC (Farfán, 1992, como se citó en Quintana, 2009)

En la alimentación de cuyes en crecimiento, al suplementar con cebada a dietas forrajeras, esta mejora la conversión alimenticia, ganancia de peso, consumo, edad de saca, relación beneficio costo y costos de producción, por otra parte, los indicadores económicos de esta dieta son parecidos a las dietas forrajeras sin suplementos (Quintana *et al.*, 2013).

Tabla 1. Composición química del grano de cebada

Composición nutricional	Cebada 11.3 PB		Cebada 9.6 PB	
	Unidad	Cantidad	Unidad	Cantidad
Humedad	%	12.1	%	11.1
Cenizas	%	2.2	%	2.2
PB	%	11.3	%	9.6
EE	%	1.7	%	1.7
Grasa verdadera	%	1.2	%	1.2
FB	%	4.7	%	4.7
FND	%	18.1	%	18.1
FAD	%	5.5	%	5.5
LAD	%	1.1	%	1.1
Almidón	%	51.9	%	52.5
Azucares	%	1.6	%	1.6

Fuente: En la tabla se presentan dos fichas definidas por un nivel proteico superior (11.3%) o inferior (9.6%) del grano de cebada. FEDNA (2021)

Nota: PB: proteína bruta; EE: extracto etéreo; FB: fibra bruta; FND: fibra neutro detergente; FAD: fibra ácido detergente; LAD: lignina ácido detergente, BF: Base fresca.

Tabla 2. Microminerales del grano de cebada de 2 niveles de PC 11.6% y 9.3%

	Unidad	Cantidad
Calcio	%	0.06
Fósforo	%	0.32
Pfítico	%	0.21
Pdisp. Av	%	0.12
Pdig. Av	%	0.13
Pdisp. Porc	%	0.10
Sodio	%	0.02
Cloro	%	0.12
Magnesio	%	0.10
Potasio	%	0.40
Asufre	%	0.15

Fuente: FEDNA (2021)

Nota: P: fósforo; Pdisp. Av: fósforo disponible referido a fosfato monosódico en aves; Pdig. Av: fósforo digestible aves. Digestibilidad ileal; Pdisp. porc: fósforo digestible porcino. Digestibilidad aparente.

Tabla 3. Microminerales y vitaminas del grano de cebada

Especies	Cebada 11.3% PB		Cebada 9.6% PB	
	Unidad	Cantidad	Unidad	Cantidad
Cobre	Ppm	6.0	Ppm	6.0
Hierro	Ppm	75	Ppm	70
Manganeso	Ppm	15	Ppm	15
Zinc	Ppm	30	Ppm	30
Vitamina E	Ppm	20	Ppm	20
Biotina	Ppm	0.16	Ppm	0.16
Colina	Ppm	1025	Ppm	1025

Fuente: En la tabla se presentan dos fichas definidas por un nivel proteico superior (11.3%) o inferior (9.6%) del grano de cebada. FEDNA (2021)

Nota: PB: proteína bruta; Ppm: partes por millón

Tabla 4. Energía digestible en otras especies monogástricas (kcal/kg)

Especies	Cebada 11.3% PB		Cebada 9.6% PB	
	Unidad	Cantidad	Unidad	Cantidad
Porcinos	kcal/kg	3245	kcal/kg	3200
Conejos	kcal/kg	3100	kcal/kg	3200
Caballos	kcal/kg	3300	kcal/kg	3360

Fuente: En la tabla se presentan dos fichas definidas por un nivel proteico superior (11.3%) o inferior (9.6%) del grano de cebada. FEDNA (2021)

Nota: PB: proteína bruta; kcal/kg: kilocaloría por kilogramo.

Tabla 5. Proteína digestible del grano de cebada en otras especies monogástricas

Especies	Cebada 11.3% PB		Cebada 9.6% PB	
	Unidad	Cantidad	Unidad	Cantidad
Porcinos	%	8.5	%	7.2
Aves	%	9.0	%	7.7
Conejos	%	8.7	%	7.4
Caballos	%	7.9	%	6.7

Fuente: En la tabla se presentan dos fichas definidas por un nivel proteico superior (11.3%) o inferior (9.6%) del grano de cebada. FEDNA (2021)

Nota: PB: proteína bruta

4.2.9. CASCARILLA DE CACAO (*Theobroma cacao*)

En un informe técnico el Instituto Nacional de Estadística e Informática anuncio a inicios del año 2019 que la producción de cacao aumento 9,790 toneladas en comparación al año anterior, misma fecha, incrementando así en 33.3%. La producción elevada del cacao predomino en los siguientes departamentos: Ucayali con 127.6 %, Junín con 64.5% y San Martín con 26.7%, que agruparon un total de

65.4% en el país peruano. Asimismo, en Pasco creció un 68.0%, en Madre de Dios 62.0 %, en Piura 36.4 %, en Huánuco 12.7 %, en Cajamarca 4.0 %, en Amazonas 2.2 % y en Cusco 2.0 % (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2019).

Al ser aislados los granos de las vainas y luego el descascarillado de las semillas, se obtiene la cascarilla de cacao, cuyo porcentaje de peso de la semilla es 10 - 12%. Las cascarillas obtenidas tienen una coloración marrón, seco crujiente, el olor tiene un parecido al chocolate, muy agradable y son fibrosos (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria [EFSA], 2008).

Tabla 6. Valores Típicos de la Composición de la cascarilla de cacao

Composición	Valores (%)
Humedad	5.4 - 15.3
PC	6.33 - 10.4
FC	23.4 - 36.2
Componentes del extracto éter	0.5 - 2.4
Extracto de nitrógeno libre	31.8 - 61.4
Cenizas	6.0 - 10.8

Fuente: Valores expresados en base seca. EFSA (2008)

Nota: PC: proteína cruda; FC: fibra cruda

Tabla 7. Composición química de la cascarilla de cacao

Composición	Contenido en base seca (%)
Humedad	4.6
Fibra dietética total	43.5
Celulosa	19.5
Hemicelulosa	11.8
Lignina	13.7
PB	14.9
Lípidos	2.2
Sales minerales	13.5
Azúcares reductores	0.8
Almidón	1.1
Compuestos polifenólicos	0.7
Taninos	0.17
Teobromina	1.1
Cafeína	0.11

Fuente: Murillo (2008, como se citó en Salazar, 2010)

Nota: PB: proteína bruta

a. Valor nutricional de la cascarilla de cacao

La cascarilla de cacao en temas de nutrición como cualquier alimento proporciona macronutrientes como es la proteína, carbohidrato y lípidos y también micronutrientes como las vitaminas y minerales. Este producto agroindustrial muestra niveles bajos de energía digestible (menor a 2,500 kcal/kg) y es considerada como fuente de energía muy baja.

Uno de sus restricciones nutricionales es la teobromina el cual se encuentra en un 1%, y este puede limitar muchas veces su uso para el consumo. también se informa que contiene rasgos menores de cafeína (Lema, 2016).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. LUGAR DE ESTUDIO

Este estudio se realizó en el Bioterio del Centro Agronómico de la Granja K'ayra, de la Escuela Profesional de Zootecnia, Facultad de Agronomía y Zootecnia, de la UNSAAC, ubicada en el distrito de San Jerónimo, Cusco; el cual se encuentra ubicada a 19L 189010 8499327 y una altitud de 3220 msnm.

5.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

En el presente trabajo se aplicó el tipo de investigación aplicada; de acuerdo con Hernández (2014) este tipo investigación se centra en el uso práctico del conocimiento para resolver problemas concretos, empleando un método metódico y riguroso relacionado con la investigación científica. Se distingue por su orientación hacia la solución de problemas y la aplicación directa de sus hallazgos.

5.2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación es experimental; ya que es un método riguroso que facilita la identificación de relaciones de causa y efecto entre variables mediante la manipulación controlada de una o más variables independientes y la observación de su impacto en las variables dependientes. (Hernández, 2014)

5.2.2. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

Es de enfoque cuantitativo debido al uso de recolección de datos para validar hipótesis a través de mediciones numéricas y análisis estadístico, con el objetivo de identificar patrones de comportamiento y verificar teorías. (Hernández, 2014)

5.2.3. LINEA DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación es transversal; según Malhotra (2004) define este diseño de investigación como la recolección de datos en un solo momento en un tiempo único.

5.3. INSTALACIONES, EQUIPOS Y MATERIALES

5.3.1. INSTALACIONES DE BIOTERIO

El bioterio se ubica en el área de Suelos del Centro Agronómico de la granja K'ayra, con un área total de 27.33 m², cuenta con dos módulos de jaulas metabólicas individuales (14 jaulas por modulo) bien estructuradas, donde la temperatura oscila entre 18 a 20 °C, la humedad 55 a 60 (humedad relativa) y la ventilación cuenta con sistema automática.

5.3.2. EQUIPOS

- Balanza de precisión electrónica (30 kg/1g y 15 kg/1g).
- Refrigeradora Samsung Digital Inverter, con capacidad de 510 litros, con dispensador de hielo automático.
- Congeladora de -20 °C, modelo CH40 Coldex, con capacidad de 339 litros, con un diseño práctico horizontal.
- Molino eléctrico de laboratorio para la molienda de dietas, materias primas y heces.
- Peletizadora con dos rodillos.
- Molino industrial para granos.
- Computadora para el procesamiento de datos.

5.3.3. MATERIALES DE CAMPO Y LABORATORIO

a. MATERIAL BIOLÓGICO

En el presente trabajo de investigación inicialmente se utilizaron 28 cuyes. Se emplearon cuyes con un peso promedio de 737 ± 141 gramos de peso vivo, entre machos y hembras, cuya etapa reproductiva fue la recría, todas fueron procedentes de una sola granja comercial.

Cada cuy fue distribuido al azar en una jaula o batería metabólica, cada uno identificado con un número sucesivo, seguido de la dieta experimental en forma de abreviaturas. Las dietas experimentales fueron distribuidas al azar sistemático en 4 tratamientos con 7 animales, puesto que según Maynard (1980), indica que, para este tipo de investigaciones experimentales, el número mínimo de animales es de 4 y un

máximo de 6 animales y es importante considerar que solo se les debe ofrecer lo necesario para su mantenimiento, ya que proporcionarles niveles de alimentación superiores podría reducir la digestibilidad. cómo se puede observar en la Tabla 8.

Tabla 8. Distribución de tratamientos

Tratamientos	N° de animales
Dieta basal 1 (Dbasal 1)	7
Dieta grano de cebada (Dbasal 1 + 50% hc)	7
Dieta basal 2 (Dbasal 2)	7
Dieta cascarilla de cacao (Dbasal 2 + 40% cc)	7
Total	28

Fuente: Elaboración propia

b. MATERIALES DE CAMPO

- Fichas de registro.
- 28 jaulas metabólicas individuales, cuyas dimensiones son: 25.5 centímetros de ancho, 40 centímetros de largo y 25.5 centímetros de altura, todas las jaulas fueron de acero inoxidable. Cada jaula tuvo un piso de malla alambrada de acero, debajo de esta una bandeja de acero para la colección de heces y para la orina se contó con escurridor de acero.
- Cada jaula contó con una tolva (comederos) para suministrar alimentos.
- Bebederos automáticos con chupones de tipo T.
- Bolsas de plástico.
- Dietas experimentales.

c. MATERIALES DE LABORATORIO

- Barbijos, mandil, gorras y guantes quirúrgicos.
- Pequeños envases de aluminio y crisoles.
- Muestras de insumos, pellets de dietas y heces molidas.
- Papel toalla y alcohol para la limpieza de envases.
- Pinzas de crisol de hierro cromado.
- Desecador de vidrio.
- Balanza analítica Pioneer, LCD, de 210 x 0.0001g.
- 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 1,200°C, con volumen de cámara de 13.5 litros.

5.4. INSUMOS DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES A EVALUAR

5.4.1. PRODUCTOS ALIMENTICIOS (INSUMOS EVALUADOS)

Los productos alimenticios evaluados fueron: El grano de cebada y la cascarilla de cacao.

a. Grano de cebada

El grano de cebada es destinado para el autoconsumo o la alimentación animal presentándose en forma de hojuelas, harina y entre otros. La harina de grano de cebada se elabora principalmente a partir de granos de cebada, que son sometidos a procesos como la selección, limpieza, molienda, tamizado y posteriormente la mezcla de esta con otros insumos para la obtención de dietas y/o alimento balanceado. (Flores, 2021)

b. Cascarilla de cacao

El cacao en grano se extrae a partir de las semillas, las cuales constituyen alrededor del 10 % del peso del fruto fresco, mientras que la cascarilla de cacao representa cerca del 12 % de la semilla. Y para la obtención de este insumo son sometidas a los siguientes procesos: primero se fermentan, luego se secan, se limpian manualmente, se tuestan y finalmente se descascarillan. Para la obtención de harina, esta somete a molienda que luego pueden usarse como fuente alimenticia para animales. (Bezarte et al., 2008)

5.4.2. PROCEDENCIA DE LAS MATERIAS PRIMAS

El grano de cebada, otro insumos y aditivos para la elaboración de las dietas experimentales se obtuvieron del mercado Vinocanchon, distrito de San Jeronimo, provincia del Cusco, Cusco. Por otra parte, la cascarilla de cacao es de procedencia de la provincia de la Convención, Cusco.

5.4.3. DIETAS EXPERIMENTALES

- Dieta basal 1, para evaluar el grano de cebada (Dbasal 1).
- Dieta de grano de cebada (Dbasal 1 + 50% hc).
- Dieta basal 2, para evaluar la cascarilla de cacao (Dbasal 2).
- Dieta de cascarilla de cacao (Dbasal 2 + 40% cc).

Tabla 9. Ingredientes de la dieta basal 1 (para evaluar el insumo grano de cebada y la dieta grano de cebada en base fresca)

		Dieta basal 1	%	Dieta grano de cebada	%
Mezclas		Mezcla basal	96.50	Mezcla basal	46.50
		Mezcla corrector	3.50	Mezcla corrector	3.50
				Grano de cebada (harina)	50.00
		Total	100.00	Total	100.00
Mezcla basal	%	Kg		kg	
Torta de Soya 46	31.09	3.000		1.446	
Harina de alfalfa	41.46	4.000		1.928	
Afrecho de cebada	23.75	2.292		1.104	
Aceite de soja	3.11	0.300		0.145	
Melaza de caña	0.60	0.058		0.028	
Total	100.00	9.650		4.650	
Mezcla corrector	%	Kg		kg	
Fosfato Bicálcico anh.	75.71	0.265		0.265	
Cloruro sódico	6.29	0.022		0.022	
Bicarbonato sódico	3.71	0.013		0.013	
Corrector Oligo-Vita	14.29	0.050		0.050	
Total	100.00	0.350		0.350	
Grano de cebada (harina)		0.00		5.000	
Total dieta (kg)		10.00		10.00	

Fuente: Elaboración propia

Nota: Dbasal 1: Dieta basal 1; Dbasal 1 + 50% gc: Dieta grano de cebada; gc: Grano de cebada.

Tabla 10. Ingredientes de la dieta basal 2 (para evaluar el insumo cascarilla de cacao y la dieta cascarilla de cacao en base fresca)

		Dieta basal 2	%	Dieta cascarilla de cacao	%
Mezclas		Mezcla basal	96.50	Mezcla basal	56.50
		Mezcla corrector	3.50	Mezcla corrector	3.50
				Cascarilla de cacao (harina)	40.00
	Total		100.00	Total	100.00
Mezcla basal	%	Kg			
Harina de cebada	26.67	2.574	1.507		
Afrecho de trigo	17.91	1.728	1.012		
Torta de soya 46	27.34	2.638	1.545		
Harina de leucaena	15.54	1.500	0.878		
Chala maíz	9.35	0.902	0.528		
Aceite de soja	3.11	0.300	0.176		
DL-metionina	0.08	0.008	0.004		
Total	100.00	9.650	5.650		
Mezcla corrector	%	Kg	kg		
Fosfato Bicálcico anh.	71.43	0.250	0.250		
Cloruro sódico	8.57	0.030	0.030		
Bicarbonato sódico	5.71	0.020	0.020		
Corrector Oligo-Vita	14.29	0.050	0.050		
Total	100.00	0.350	0.350		
Cascarilla de Cacao (harina)		0.00	4.000		
Total dieta (kg)		10.00	10.00		

Fuente: Elaboración propia

Nota: Dbasal 2: Dieta basal 2; Dbasal 2 + 40% cc: Dieta cascarilla de cacao; cc: Cascarilla de cacao

En la formulación de las dietas, la **mezcla corrector** cubre las deficiencias minerales y vitamínicos de los ingredientes presentes y que la ausencia de estas implicaría variaciones en los parámetros productivos y/o sanitarios de los animales.

La **dieta basal** comprende la fuente de proteína que se ofrece a los animales, siendo así única fuente de nitrógeno y aminoácidos, por otra parte, la dieta a evaluar engloba la dieta basal y el insumo a evaluar. (Vela, 2020).

5.4.4. MEZCLA DE INGREDIENTES

Antes de realizar el proceso del peletizado, se hizo la mezcla manualmente de todos los insumos según la fórmula de cada dieta cumpliendo los estándares de higiene y evitando así la alteración y/o contaminación de estas dietas.

5.4.5. PROCESO DE PELETIZADO

La preparación de las dietas (proceso de peletización) se realizó por separado en una máquina peletizadora, se preparó 10 kg de cada dieta (dieta basal-gc, dieta grano de cebada, dieta basal-cc, dieta cascarilla de cacao), durante el proceso se evaluó a menudo la consistencia; la dureza, porosidad y tamaño de los pellets con gránulos de 0.75 x 0.25.

Tabla 11. Composición química de las dietas experimentales (% MS)

Nutrientes	Dietas experimentales			
	Dbasal 1	Dbasal 1 + 50% gc	Dbasal 2	Dbasal 2 + 40% cc
MS, %	95.60	92.99	87.98	93.55
PC, %	25.12	17.74	24.59	19.84
EE, %	6.40	4.18	6.48	8.90
CE, %	6.17	6.92	7.79	7.52
FC, %	28.50	22.80	25.50	30.30
ELN, %	33.81	48.36	35.64	33.44
EB, kcal/kg MS	4405	4234	4526	4423

Fuente: Elaboración propia

Nota: MS: materia seca; PC: proteína cruda; EE: extracto etéreo; CE: ceniza; FC: fibra cruda; ELN: extracto libre de nitrógeno; EB: energía bruta; Dbasal 1: dieta basal 1; Dbasal 1 + 50% gc: dieta grano de cebada; Dbasal 2: dieta basal 2; Dbasal 2 + 40% cc: dieta cascarilla de cacao; gc: grano de cebada; cc: cascarilla de cacao

5.5. MÉTODOS

5.5.1. DIGESTIBILIDAD *IN VIVO*

El estudio se realizó mediante la digestibilidad *in vivo*, la fase experimental tuvo una duración de 15 días, los cuales estuvieron distribuidas en dos periodos de evaluación: periodo de adaptación de 10 días y el periodo experimental de 5 días.

5.5.2. PERIODO DE ADAPTACIÓN

El tiempo de adaptación se hizo durante diez días, donde se sometió a los animales a un nuevo ambiente, nuevos alimentos, con la finalidad de que se acostumbren a las dietas experimentales, de esta manera sustituyan al alimento habitual que consumían en el lugar de origen. El primer día de adaptación se inició con el pesado inicial, distribución e identificación de los animales en las jaulas metabólicas, también se hizo la desparasitación interna y externa del animal y se suministró vitamina C en el bebedero automático para disminuir el estrés.

5.5.3. PERIODO DE EVALUACIÓN

La parte experimental de este estudio tuvo una duración de cinco días, el cual comprendió la evaluación de los tratamientos suministrados.

a. Consumo de alimento

En esta fase de evaluación, se pesó inicialmente una cantidad total de 400 gramos de alimento peletizado de cada dieta experimental para los 5 días de evaluación y se distribuyó en sus respectivos comederos tipo tolva. Antes de iniciar con el suministro de alimento, se hizo el pesaje de cada comedero para posteriores cálculos. Al terminar el periodo se determinó la cantidad de alimento consumida por cada cuy, restando el alimento residual del alimento ofrecido inicialmente.

b. Suministro de agua

El suministro de agua fue de forma *ad libitum* empleando bebederos automáticos tipo chupón, distribuidos en todas las jaulas metabólicas y además se administró ácido ascórbico cuya dosis fue de 1gr/litro de agua.

c. Control de temperatura, ventilación y humedad

El ambiente experimental o Bioterio contaba con un termómetro ambiental electrónico y un sistema de ventilación automático funcional las 24 horas, cuyas programaciones fueron en horarios de 8:00 h, 12:00 h y 18:00 h, con una duración de 30 minutos cada uno.

La temperatura ambiental fue entre 18 a 20 °C y la humedad relativa oscilaba entre 55 a 60%.

d. Colección y manejo de heces

El recojo de heces se realizó todas las mañanas a las 8:00 h durante los 5 días experimentales, en bolsas plásticas debidamente rotuladas y al finalizar se guardaron en una congeladora a -20 °C, para evitar su contaminación y/o alteración.

5.6. DETERMINACIÓN DEL PESO SECO DE LAS HECES

Para determinar el peso seco de las heces, se hizo la limpieza de impurezas como los pelos y luego se puso en bandejas pequeñas para introducirlo en un horno a 65 °C por 48 horas, se evaluó los pesos durante este tiempo hasta llegar a un peso constante.

5.7. PROCESO DE MOLIENDA Y PREPARACIÓN EN BASE SECA

Para el análisis químico de las muestras se hizo la molienda de estas en un molino eléctrico y el material obtenido en polvo fino se puso en frascos de 100 ml, todos debidamente rotulados.

5.8. ANÁLISIS QUÍMICO DE LABORATORIO DE INSUMOS, DIETAS Y HECES

Las muestras de los insumos, dietas y heces molidas fueron analizadas en el departamento académico de química de la Facultad de Ciencias Químicas, Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, siguiendo el método de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2002) para determinar su contenido en materia seca (MS), materia orgánica (MO), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), ceniza (CE) y extracto libre de nitrógeno (ELN).

Por otra parte, la determinación de la energía bruta (EB) de los insumos en estudio, dietas experimentales y excretas se realizó por medio de la bomba calorimétrica en la Universidad Politécnica de Valencia, España (UPV), en el laboratorio químico del Instituto de Ciencia y Tecnología animal. Además, la materia seca (MS), ceniza (CE) y proteína cruda (PC) se analizaron mediante los métodos de la AOAC (2002).

5.9. DETERMINACIÓN DE LAS DIGESTIBILIDADES

5.9.1. DIGESTIBILIDAD DE LAS CUATRO DIETAS EXPERIMENTALES

La digestibilidad de la MS, MO, PC, FC, EE y energía bruta (EB) de las cuatro dietas experimentales se calculó como la diferencia entre la cantidad de nutrientes ingeridos (I) y la cantidad de nutrientes excretados en las heces (E) según la siguiente expresión.

$$\text{Digestibilidad aparente (\%)} = \frac{(I-E)}{I} \times 100$$

Dónde:

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 (%)

5.9.2. DIGESTIBILIDAD DE LOS INSUMOS EVALUADOS

Los valores de digestibilidad de MS, MO, PC, EE, FC y EB de cada uno de los insumos (grano de cebada y cascarilla de cacao) estudiadas se calcularon según el método de sustitución (Villamide *et al.*, 2001), que se basa en el principio de actividad de las materias primas incorporadas en las dietas basales. Los valores de digestibilidad de MS, MO, PC, EE, FC, y EB empleados en el cálculo, fueron los obtenidos con 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 50 % para la mezcla basal 1 y 50 % para el grano de cebada y 60 % para la mezcla basal 2 y 40 % para la cascarilla de cacao, a modo de ejemplo para hallar la PCD (Proteína Cruda Digestible) u otros valores de la digestibilidad (MS, MO, PC, EE, FC y EB) de cada uno de las materias primas se procesó mediante la siguiente expresión matemática:

$$PCD_{mpx} = (PC_{D2} - (PC_{D1} \times 0.60)) / 0.40$$

Donde:

PCD_{mpx} = Proteína Cruda Digestible de la materia prima

PCD_{D2} = Proteína Cruda Digestible de la dieta D2

PCD_{D1} = Proteína Cruda Digestible de la dieta basal D1

5.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los efectos de la adición de las materias primas (gc y cc) en las dietas basales, correspondientes, sobre los coeficientes de digestibilidad de la MS, MO, PC, FC, EE y EB; los consumos (g MS/día) alcanzados en el estudio de digestibilidad se analizaron estadísticamente a través de un diseño completamente al azar, empleando el GLM (Modelo Lineal Generalizado), usando el programa (Statistical Analysis System [SAS], 2016). Acorde al siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + P_i + e_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} : Es el registro del valor de coeficiente de digestibilidad de la MS, MO, PC, EE, FC, EB e ingestión

μ : Media general de las observaciones

P_i : Efecto fijo de la i-ésima materia prima (hc, cc) en la dieta basal, correspondiente

e_{ij} : Error aleatorio

5.11. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los datos obtenidos del presente trabajo de investigación se analizaron utilizando estadística descriptiva donde se determinó el promedio, desviación estándar, máximo, mínimo, y porcentaje.

Para la comparación de medias, para el análisis de las diferencias estadísticas de las medias de las diferentes variables analizadas fueron comparadas por el método de Duncan (Steel y Torrie, 1985).

Cabe mencionar que en la dieta grano de cebada (Dbasal + 50% gc) se descartó la data generada por 1 cuy, debido a que no correspondía a la distribución normal pertinente, cuando este se sometió a la prueba de normalidad.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL GRANO DE CEBADA Y CASCARILLA DE CACAO

Los resultados de la composición química del grano de cebada y cascarilla de cacao, se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12. Composición química de los insumos en estudio

Nutrientes,	Insumos	
	Grano de cebada	Cascarilla de cacao
MS (%)	90.47	93.05
MO (%)	88.10	87.31
PC (%)	9.96	13.70
EE (%)	2.30	7.32
CE (%)	2.37	5.74
FC (%)	7.16	26.10
ELN (%)	78.21	47.14
EB, kcal/kg MS	4235	4282

Fuente: Elaboración propia

Nota: MS: materia seca; MO: materia orgánica; PC: proteína cruda; EE: extracto etéreo; CE: ceniza; FC: fibra cruda; ELN: extracto libre de nitrógeno; EB: energía bruta.

La **Tabla 12** muestra que, la materia seca (MS) del grano de cebada y de la cascarilla de cacao fue 90.47 y 93.05, mientras que la materia orgánica (MO) fue de 88.10 y 87.31, el contenido de la proteína cruda fue 9.96 y 13.70, el extracto etéreo (EE) de 2.30 y 7.32, la ceniza (CE) fue de 2.37 y 5.74, el contenido de fibra cruda (FC) fue de 7.16 y 26.10, el extracto libre de nitrógeno (ELN) 78.21 y 47.14 y la energía bruta (EB) fue de 4,235 y 4,282 kcal/kg de materia seca, respectivamente.

6.1.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL GRANO DE CEBADA

Conforme a los resultados de los análisis químicos realizados en este estudio (ver Tabla 12), se reporta un contenido de MS de 90.47%, similar al valor descrito por Pilco (2022) quien obtuvo 90.98% de MS y mayor al valor de 88.90% de MS reportado por FEDNA (2021) para la harina de cebada. El contenido de PC fue 9.96%, similar al valor de 9.60% de PC reportado por FEDNA (2021) y menor al valor reportado por Pilco (2022) quien obtuvo en su estudio 14.62% de PC para la harina de cebada. Además, el análisis bromatológico desarrollado para el grano de cebada (harina)

muestra que el contenido de EE fue de 2.30%, menor al valor reportado por Pilco (2022) quien obtuvo 9.46% de EE y mayor al valor de 1.70% de EE descrito por FEDNA (2021) para la harina de cebada. Asimismo, el contenido de ceniza fue 2.37%, valor reportado concuerda con la literatura publicada por FEDNA (2021) quien obtuvo 2.20% de CE y menor al valor reportado por Pilco (2022) quien obtuvo 5.06% de CE; por otra parte, en el estudio la FC, ELN y la EB fue 7.16%, 78.21% y 4,235 kcal/kg MS, respectivamente (ver Tabla 12).

6.1.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CASCARILLA DE CACAO

En relación con la composición química de la cascarilla de cacao (ver Tabla 12) su composición química es dependiente de la procedencia, variedad de cacao, modo de maduración, torrefactado del grano o mazorca y la conservación del subproducto. El componente principal de la cascarilla de cacao en el presente estudio de investigación fue la fibra cruda 26.10%, entre tanto el contenido de MS fue 93.05%, similar al valor de 94.10% de MS reportado por Alagón *et al.* (2022). Además, el contenido de la PC fue 13.70%, mayor al valor reportado por Alagón *et al.* (2022) quien obtuvo 12.60% de PC. Asimismo, el contenido del EE de la cascarilla de cacao fue 7.32%. Por otra parte, el análisis químico desarrollado para la cascarilla de cacao muestra que el contenido de CE fue 5.74%, menor al valor reportado Alagón *et al.* (2022) quien obtuvo 7.00% de CE, respectivamente. Entre tanto el contenido del ELN fue 47.14% y de la EB fue 4,282 kcal/kg MS (ver Tabla 12).

La obtención de la cascarilla de cacao se inicia al limpiar la almendra de cacao fermentada y seca, removiendo las impurezas para garantizar la calidad del producto, existiendo dos opciones de tostado y descascarillado; una es el tostado del grano completo (cascarilla y grano); el tostado del grano solamente luego del descascarillado (Teneda *et al.*, 2019) y representa del 5 a 8% del peso de los granos (Córdova, 1993). La cascarilla es utilizada por las industrias farmacéuticas para la extracción de la Theobromina, y como materia prima para la elaboración de alimentos balanceados (Córdova, 1993).

6.2. DIGESTIBILIDAD DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES

6.2.1. CONSUMO (g MS/DÍA/CUY) Y DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES

En la Tabla 13, se presenta los resultados de consumo (g MS/día/cuy) y los coeficientes de digestibilidad aparente (%) de la MS, MO, PC, EE, FC y EB de la dieta basal-gc y la dieta grano de cebada.

Tabla 13. Consumo (g MS/día), coeficientes de digestibilidad aparente (Da %) de la dieta basal 1 y la dieta grano de cebada (Dbasal 1 + 50% gc)

	Dietas experimentales				
	Dbasal 1 (n=7)	Dbasal 1 + 50% gc (n=6)	CV	P-valor	Sig
Consumo (g MS/d)	56 ^a ± 2.60	41 ^b ± 2.21	12.20	0.0018	**
CDMS, %	68.29 ^b ± 0.35	75.01 ^a ± 0.80	2.12	0.0001	***
CDMO, %	69.31 ^b ± 0.32	76.47 ^a ± 0.75	1.95	0.0001	***
CDPC, %	79.40 ^a ± 0.86	73.85 ^b ± 1.28	3.48	0.0048	**
CDEE, %	69.79 ^a ± 1.68	65.99 ^a ± 1.17	5.21	0.0929	ns
CDFC, %	65.77 ^b ± 0.59	68.65 ^a ± 1.08	3.18	0.0420	*
CDEB, %	68.91 ^b ± 0.40	74.40 ^a ± 0.79	2.13	0.0001	***

Fuente: Elaboración propia

Nota: g MS/d: gramos materia seca por día; CDMS: coeficiente de digestibilidad de la materia seca; CDMO: coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica; CDPC: coeficiente de digestibilidad de la proteína cruda; CDEE: coeficiente de digestibilidad del extracto etéreo; CDFC: coeficiente de digestibilidad de la fibra cruda; CDEB: coeficiente de digestibilidad de la energía bruta; Dbasal 1: dieta basal 1; Dbasal 1 + 50% gc: dieta grano de cebada; gc: grano de cebada; ±: error estándar; ^{a,b,c}: promedios con diferente letra en la misma fila son significativamente diferentes (P<0.05); CV: coeficiente de variabilidad; P-valor: valor de probabilidad; sig: nivel de significancia; *: P<0.05; **: P<0.01; ***: P<0.001; ns: no significativo. n: número de repeticiones.

Las diferencias en la ingestión de la dieta basal 1 y dieta grano de cebada (Dbasal 1 + 50% gc) fueron significativamente diferentes (P<0.0018) (ver Anexo 9), reportándose consumos de 56 ± 2.60 g MS/día/cuy para la dieta basal 1 (Dbasal 1) y 41 ± 2.21 g MS/día/cuy para la dieta grano de cebada (Dbasal 1 + 50% gc) (ver Tabla 13). En ese sentido, la inclusión del grano de cebada (50%) en la dieta basal 1, tuvo efectos negativos (P<0.05) sobre el consumo de la MS, disminuyendo en 15 g comparado con la dieta basal 1; y está se podría deberse al mayor contenido de energía digestible presente en la dieta grano de cebada (Dbasal 1 + 50% gc)

comparado con la dieta basal 1 que presenta un menor contenido de energía digestible (ver Anexo 26).

El coeficiente de digestibilidad de la materia seca (CDMS) de la dieta basal 1 y la dieta grano de cebada (Dbasal 1 + 50% gc) fueron significativamente diferentes ($P < 0.0001$) (ver Anexo 10), reportándose coeficientes de digestibilidad de la MS (CDMS) de $75.01 \pm 0.80\%$ para la dieta grano de cebada (Dbasal 1 + 50% gc) y $68.29 \pm 0.35\%$ para la dieta basal 1 (ver Tabla 13). La inclusión del grano de cebada (50%) en la dieta basal 1 mejoró sobre la digestibilidad de la MS en 6.72% comparado con la dieta basal 1; y esta se podría deberse al menor contenido de fibra cruda presente en la dieta grano de cebada (Dbasal 1 + 50% gc) comparado con la dieta basal 1 que presenta un mayor contenido de fibra cruda (ver Tabla 11). El resultado alcanzado en el estudio de investigación para el CDMS de la dieta grano de cebada (Dbasal 1 + 50% gc) fue similar al valor descrito por Pilco (2022) quien obtuvo $69.80 \pm 4.80\%$ de CDMS para la dieta grano de cebada (harina).

El coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica (CDMO) de la dieta basal 1 y la dieta grano de cebada (Dbasal 1 + 50% gc) fueron significativamente diferentes ($P < 0.0001$) (ver Anexo 11), reportándose coeficientes de digestibilidad de la MO (CDMO) de $76.47 \pm 0.75\%$ para la dieta grano de cebada (Dbasal 1 + 50% gc) y $69.31 \pm 0.32\%$ para la dieta basal 1 (ver Tabla 13). La inclusión del grano de cebada (50%) en la dieta basal-gc mejoró sobre la digestibilidad de la MO en 7.16% comparado con la dieta basal 1; y esta se podría deberse al menor contenido de fibra cruda presente en la dieta grano de cebada (Dbasal 1 + 50% gc) comparado con la dieta basal 1 que presenta un mayor contenido de fibra cruda (ver Tabla 11).

El coeficiente de digestibilidad de la proteína cruda (CDPC) de la dieta basal 1 y la dieta grano de cebada (Dbasal 1 + 50% gc) fueron significativamente diferentes ($P < 0.0048$) (ver Anexo 12), reportándose coeficientes de digestibilidad de la PC (CDPC) de $79.40 \pm 0.86\%$ para la dieta basal 1 y $73.85 \pm 1.28\%$ para la dieta grano de cebada (Dbasal 1 + 50% gc) (ver Tabla 13). La inclusión del grano de cebada (50%) en la dieta basal 1, tuvo efectos negativos ($P < 0.05$) sobre la digestibilidad de la PC disminuyendo en 5.55% comparado con la dieta basal 1; y esta se podría deberse al mayor contenido de proteína cruda presente en la dieta basal 1,

comparado con la dieta grano de cebada (Dbasal 1 + 50% gc) que presenta un menor contenido de proteína cruda en la dieta (ver Tabla 11).

El coeficiente de digestibilidad del extracto etéreo (CDEE) de la dieta basal 1 y la dieta grano de cebada (Dbasal 1 + 50% gc) no fueron significativamente diferentes ($P > 0.0929$) (ver Anexo 13), reportándose coeficientes de digestibilidad del EE (CDEE) de $69.79 \pm 1.68\%$ para la dieta basal 1 y $65.99 \pm 1.17\%$ para la dieta grano de cebada (Dbasal 1 + 50% gc) (ver Tabla 13). En ese sentido, la inclusión del grano de cebada (50%) en la dieta basal 1, no afectó el CDEE.

El coeficiente de digestibilidad de la fibra cruda (CDFC) de la dieta basal 1 y la dieta grano de cebada (Dbasal 1 + 50% gc) fueron significativamente diferentes ($P < 0.0420$) (ver Anexo 14), reportándose coeficientes de digestibilidad de la fibra cruda (CDFC) de $68.65 \pm 1.08\%$ para la dieta grano de cebada (Dbasal 1 + 50% gc) y $65.77 \pm 0.59\%$ para la dieta basal 1 (ver Tabla 13). La inclusión del grano de cebada (50%) en la dieta basal-gc, mejoró sobre la digestibilidad de la FC en 2.88% comparado con la dieta basal 1; y esta podría deberse al menor contenido de fibra cruda presente en la dieta grano de cebada (Dbasal 1 + 50% gc) comparado con la dieta basal 1, que presenta un mayor contenido de fibra cruda (ver Tabla 11).

El coeficiente de digestibilidad de la energía bruta (CDEB) de la dieta basal 1 y la dieta grano de cebada (Dbasal 1 + 50% gc) fueron significativamente diferentes ($P < 0.0001$) (ver Anexo 15), reportándose coeficientes de digestibilidad de la energía bruta (CDEB) de $74.40 \pm 0.79\%$ para la dieta grano de cebada (Dbasal 1 + 50% gc) y $68.91 \pm 0.40\%$ para la dieta basal 1 (ver Tabla 13). La inclusión del grano de cebada (50%) en la dieta basal-gc mejoró sobre la digestibilidad de la EB en 5.49% comparado con la dieta basal 1; y esta podría deberse al contenido de energía bruta de las dietas (ver Tabla 11).

Tabla 14. Consumo (g MS/día), coeficientes de digestibilidad aparente (Da %) de la dieta basal 2 y dieta cascarilla de cacao (Dbasal 2 + 40% cc)

	Dietas experimentales				
	Dbasal 2 (n=7)	Dbasal 2 + 40% cc (n=7)	CV	P-valor	Sig
Consumo (g MS/d)	47 ^a ± 1.85	55 ^a ± 3.30	13.95	0.0703	ns
CDMS, %	75.23 ^a ± 0.46	65.01 ^b ± 0.58	1.96	0.0001	***
CDMO, %	76.13 ^a ± 0.45	65.52 ^b ± 0.51	1.79	0.0001	***
CDPC, %	77.52 ^a ± 0.64	56.43 ^b ± 0.79	2.84	0.0001	***
CDEE, %	77.64 ^a ± 0.71	76.97 ^a ± 0.26	1.84	0.3938	ns
CDFC, %	72.07 ^a ± 0.69	68.48 ^b ± 0.63	2.49	0.0023	**
CDEB, %	75.30 ^a ± 0.46	63.74 ^b ± 0.63	2.09	0.0001	***

Fuente: Elaboración propia

Nota: g MS/d: gramos materia seca por día; CDMS: coeficiente de digestibilidad de la materia seca; CDMO: coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica; CDPC: coeficiente de digestibilidad de la proteína cruda; CDEE: coeficiente de digestibilidad del extracto etéreo; CDFC: coeficiente de digestibilidad de la fibra cruda; CDEB: coeficiente de digestibilidad de la energía bruta; Dbasal 2: dieta basal 2; Dbasal 2 + 40% cc: dieta cascarilla de cacao; cc: cascarilla de cacao; ±: error estándar; ^{a,b,c}: promedios con diferente letra en la misma fila son significativamente diferentes (P<0.05); CV: coeficiente de variabilidad; P-valor: valor de probabilidad; sig: nivel de significancia; *: P<0.05; **: P<0.01; ***: P<0.001; ns: no significativo. n: número de repeticiones.

Las diferencias en la ingestión de la dieta basal 2 y dieta cascarilla de cacao (Dbasal 2 + 40% cc) no fueron significativamente diferentes (P>0.0703) (ver Anexo 16), reportándose consumos de 55 ± 3.30 g MS/día/cuy para la dieta cascarilla de cacao (Dbasal 2 + 40% cc) y 47 ± 1.85 g MS/día/cuy para la dieta basal 2 (Dbasal 2) (ver Tabla 14). En ese sentido, la inclusión de la cascarilla de cacao (40%) en la dieta basal 2 no afectó el consumo de MS.

El coeficiente de digestibilidad de la materia seca (CDMS) de la dieta basal 2 y la dieta cascarilla de cacao (Dbasal 2 + 40% cc) fueron significativamente diferentes (P<0.0001) (ver Anexo 17), reportándose coeficientes de digestibilidad de la MS (CDMS) de 75.23 ± 0.46% para la dieta basal 2 y 65.01 ± 0.58% para la dieta cascarilla de cacao (Dbasal 2 + 40% cc) (ver Tabla 14). La inclusión de la cascarilla de cacao (40%) en la dieta basal 2, tuvo efectos negativos (P<0.05) sobre la digestibilidad de la MS disminuyendo en 10.22% comparado con la dieta basal 2; y esta podría deberse al mayor contenido de fibra cruda presente en la dieta cascarilla de cacao (Dbasal 2 + 40% cc) comparado con la dieta basal 2, que presenta un menor contenido de fibra cruda (ver Tabla 11).

El coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica (CDMO) de la dieta basal 2 y la dieta cascarilla de cacao (Dbasal 2 + 40% cc) fueron significativamente diferentes ($P < 0.0001$) (ver Anexo 18), reportándose coeficientes de digestibilidad de la MO (CDMO) de 76.13 ± 0.45 para la dieta basal 2 y $65.52 \pm 0.51\%$ para la dieta cascarilla de cacao (Dbasal 2 + 40% cc) (ver Tabla 14). La inclusión de la cascarilla de cacao (40%) en la dieta basal 2, tuvo efectos negativos ($P < 0.05$) sobre la digestibilidad de la MO disminuyendo en 10.61% comparado con la dieta basal 2; y esta podría deberse al mayor contenido de fibra cruda presente en la dieta cascarilla de cacao (Dbasal 2 + 40% cc) comparado con la dieta basal-cc que presenta un menor contenido de fibra cruda (ver Tabla 11).

El coeficiente de digestibilidad de la proteína cruda (CDPC) de la dieta basal 2 y la dieta cascarilla de cacao (Dbasal 2 + 40% cc) fueron significativamente diferentes ($P < 0.0001$) (ver Anexo 19), reportándose coeficientes de digestibilidad de la PC (CDPC) de 77.52 ± 0.64 para la dieta basal 2 y $56.43 \pm 0.79\%$ para la dieta cascarilla de cacao (Dbasal 2 + 40% cc) (ver Tabla 14). La inclusión de la cascarilla de cacao (40%) en la dieta basal 2, tuvo efectos negativos ($P < 0.05$) sobre la digestibilidad de la PC disminuyendo en 21.09% comparado con la dieta basal 2; y esta podría deberse al menor contenido de proteína cruda presente en la dieta cascarilla de cacao (Dbasal 2 + 40% cc), comparado con la dieta basal-cc que presenta un mayor contenido de proteína cruda (ver Tabla 11).

El coeficiente de digestibilidad del extracto etéreo (CDEE) de la dieta basal 2 y la dieta cascarilla de cacao (Dbasal 2 + 40% cc) no fueron significativamente diferentes ($P > 0.3938$) (ver Anexo 20), reportándose coeficientes de digestibilidad del EE (CDEE) de 77.64 ± 0.71 para la dieta basal 2 y $76.97 \pm 0.26\%$ para la dieta cascarilla de cacao (Dbasal 2 + 40% cc) (ver Tabla 14). En ese sentido, la inclusión de la cascarilla de cacao (40%) en la dieta basal 2 no afectó el CDEE.

El coeficiente de digestibilidad de la fibra cruda (CDFC) de la dieta basal 2 y la dieta cascarilla de cacao (Dbasal 2 + 40% cc) fueron significativamente diferentes ($P < 0.0023$) (ver Anexo 21), reportándose coeficientes de digestibilidad de la fibra cruda (CDFC) de $72.07 \pm 0.69\%$ para la dieta basal 2 y $68.48 \pm 0.63\%$ para la dieta cascarilla de cacao (Dbasal 2 + 40% cc) (ver Tabla 14). La inclusión de la cascarilla de cacao (40%) en la dieta basal 2, tuvo efectos negativos ($P < 0.05$) sobre la

digestibilidad de la FC disminuyendo en 3.59% comparado con la dieta basal 2; y esta podría deberse al menor contenido de fibra cruda presente en la dieta basal 2 comparado con la dieta cascarilla de cacao (Dbasal 2 + 40% cc) que presenta un mayor contenido de fibra cruda (ver Tabla 11).

El coeficiente de digestibilidad de la energía bruta (CDEB) de la dieta basal 2 y la dieta cascarilla de cacao (Dbasal 2 + 40% cc) fueron significativamente diferentes ($P < 0.0001$) (ver Anexo 22), reportándose coeficientes de digestibilidad de la energía bruta (CDEB) de 75.30 ± 0.46 para la dieta basal 2 y $63.74 \pm 0.63\%$ para la dieta cascarilla de cacao (Dbasal 2 + 40% cc) (ver Tabla 14). La inclusión de la cascarilla de cacao (40%) en la dieta basal 2, tuvo efectos negativos ($P < 0.05$) sobre la digestibilidad de la EB disminuyendo en 11.56% comparado con la dieta basal 2.

6.3. DIGESTIBILIDAD DEL GRANO DE CEBADA Y CASCARILLA DE CACAO

En la Tabla 15, se presentan los resultados de los coeficientes de digestibilidad aparente (%) de la MS, MO, PC, EE, FC y EB de las materias primas en estudio

Tabla 15. Coeficiente de digestibilidad aparente (DA %) de las materias primas

Nutrientes	Coeficiente de digestibilidad (%)	
	Grano de cebada	Cascarilla de cacao
MS	81.40 ± 1.62	50.13 ± 1.41
MO	84.24 ± 1.44	59.97 ± 0.99
PC	61.57 ± 4.58	24.81 ± 1.98
EE	61.17 ± 2.35	75.99 ± 0.63
FC	71.34 ± 2.18	63.24 ± 1.55
EB	76.80 ± 1.58	45.83 ± 1.59

Fuente: Elaboración propia

Nota: MS: materia seca; MO: materia orgánica; PC: proteína cruda; EE: extracto etéreo; FC: fibra cruda; EB: energía bruta; \pm : error estándar.

El coeficiente de digestibilidad de la materia seca (CDMS) de las materias; grano de cebada y cascarilla de cacao fueron: 81.40 ± 1.62 y $50.13 \pm 1.41\%$, respectivamente (ver Tabla 15). El resultado alcanzado en el presente estudio de investigación para el CDMS de la cascarilla de cacao (ver Anexo 24) fue menor al valor descrito por Saucedo (2023) quien obtuvo 65.80 de CDMS para la cascarilla de cacao.

El coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica (CDMO) de las materias primas; grano de cebada y cascarilla de cacao fueron: 84.24 ± 1.44 y $59.97 \pm 0.99\%$, respectivamente (ver Tabla 15).

El coeficiente de digestibilidad de la proteína cruda (CDPC) de las materias primas; grano de cebada y cascarilla de cacao fueron: 61.57 ± 4.58 y $24.81 \pm 1.98\%$, respectivamente (ver Tabla 15).

El coeficiente de digestibilidad del extracto etéreo (CDEE) de las materias primas; grano de cebada y cascarilla de cacao fueron: 61.17 ± 2.35 y $75.99 \pm 0.63\%$, respectivamente (ver Tabla 15).

El coeficiente de digestibilidad de la fibra cruda (CDFC) de las materias primas: grano de cebada y cascarilla de cacao fueron: 71.34 ± 2.18 y $63.24 \pm 1.55\%$, respectivamente (ver Tabla 15).

El coeficiente de digestibilidad de la energía bruta (CDEB) de las materias primas: grano de cebada y cascarilla de cacao fueron: 76.80 ± 1.58 y $45.83 \pm 1.59\%$, respectivamente (ver Tabla 15). El resultado alcanzado en el presente estudio de investigación para el CDEB para la dieta cascarilla de cacao fue mayor al valor reportado por Farro (2012) quien obtuvo 44.91% de CDEB y menor al valor descrito por Saucedo (2023) quien obtuvo 49.56 % de CDEB para la cascarilla de cacao.

6.3.1. VALORACIÓN NUTRITIVA DE PCD, EED, FCD (%) Y ED (kcal/kg MS) DE LOS INSUMOS EN ESTUDIO

La proteína cruda digestible (PCD), extracto etéreo digestible (EED), fibra cruda digestible (FCD) y energía digestible (ED) de las materias primas en estudio, se presentan en la Tabla 16.

Tabla 16. Valoración nutritiva de PCD, EED, FCD (%) y ED (kcal/kg MS) de los insumos en estudio

Materias primas	Nutrientes Digestibles			
	PCD, %	EED, %	FCD, %	ED, kcal/kg MS
Gc	6.13 ± 0.46	1.41 ± 0.05	5.11 ± 0.16	3253 ± 66.89
Cc	3.40 ± 0.27	5.56 ± 0.05	16.51 ± 0.40	1962 ± 68.02

Fuente: Elaboración propia

Nota: PCD: proteína cruda digestible; EED: extracto etéreo digestible; FCD: fibra cruda digestible; ED: energía digestible; Gc: grano de cebada; Cc: cascarilla de cacao; ±: error estándar.

La valoración nutritiva de proteína cruda digestible (PCD) del grano de cebada y cascarilla de cacao fueron: 6.13 ± 0.46 y $3.40 \pm 0.27\%$, respectivamente (ver Tabla 16), el resultado obtenido en el estudio fue diferente al valor reportado por Vargas (2023) quien estuvo 5.63% de PCD para el afrecho de cebada.

La valoración nutritiva del extracto etéreo digestible (EED) del grano de cebada y cascarilla de cacao fueron: 1.41 ± 0.05 y $5.56 \pm 0.05\%$, respectivamente (ver Tabla 16), el resultado obtenido en el estudio fue diferente al valor reportado por Vargas (2023) quien estuvo 2.05% de EED para el afrecho de cebada.

La valoración nutritiva de la fibra cruda digestible (FCD) del grano de cebada y cascarilla de cacao fueron: 5.11 ± 0.16 y $16.51 \pm 0.40\%$, respectivamente (ver Tabla 16), el resultado obtenido en el estudio fue diferente al valor reportado Vargas (2023) quien estuvo 6.40% de FCD para el afrecho de cebada.

La valoración nutritiva de la energía digestible (ED) del grano de cebada y cascarilla de cacao fueron: $3,253 \pm 66.89$ y $1,962 \pm 68.02$ (kcal/kg MS), respectivamente (ver Tabla 16), los resultados obtenidos en el estudio fueron diferentes a los valores reportados por Pilco (2022); Farro (2012) quienes obtuvieron 3,100 y 1,794.05 (kcal/kg MS) de ED para el grano de cebada y cascarilla de cacao, respectivamente.

VII. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio de investigación se puede establecer las siguientes conclusiones:

- De la composición química del grano de cebada y cascarilla de cacao se puede concluir que el grano de cebada tiene un alto contenido de ELN (78.21%), aportes bajos de PC (9.96%) y EE (2.30%), mientras que la cascarilla de cacao fue alta en FC (26.10%), bajo en ELN (47.14%), alto en EE (5.74%) e importante contenido de PC (13.70%).
- En sus coeficientes de digestibilidad, el grano de cebada fue superior en MS, MO, PC, FC y EB en comparación con la cascarilla de cacao, por tanto, para cuyes se considera como una fuente energética. Mientras que la cascarilla de cacao, tiene una baja digestibilidad de la PC y EB, lo que afecta de sobre manera su valor nutricional, clasificándola dentro de las materias primas fibrosas. La incorporación de 50% del grano de cebada en la dieta basal 1, disminuyó el consumo de materia seca de la dieta basal 1, mientras que mejoró las digestibilidades de los nutrientes contenidos en la dieta basal 1. Mientras que la incorporación del 40% de cascarilla de cacao, mejoró el consumo de materia seca por días de la dieta basal 2, sin embargo, disminuyó los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes de la dieta basal 2, con excepción de EE.

VIII. RECOMENDACIONES

Acorde a los resultados y conclusiones obtenidos en el presente estudio, se plantea las siguientes recomendaciones:

- Los resultados de la composición bromatológica y la valoración energética, proteica del presente estudio, pueden ser incorporados en la construcción de tablas de composición de alimentos para cuyes.
- Se recomienda establecer las digestibilidades de la celulosa y hemicelulosa contenida en el grano de cebada y la cascarilla de cacao. Asimismo, determinar los contenidos de aminoácidos en estas materias primas.
- Realizar trabajos de respuesta animal utilizando el grano de cebada y la cascarilla de cacao en dietas para cuyes en sus diferentes etapas productivas y reproductivas.

BIBLIOGRAFIA

Aguirre Molina, J. P. (2008). *Determinación de la composición química y el valor de la energía digestible a partir de las pruebas de digestibilidad en alimentos para cuyes* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnico de Chimborazo]. Repositorio Institucional - Escuela Superior Politécnico de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1502/1/17T0874.pdf>

Alagón Huayllpa, G., Tupayachi Solórzano, G., Vargas Huaman, M. L., y Jancco Jara, M. (2022). *Composición química, de aminoácidos y digestibilidad de la materia seca y orgánica de tres materias primas utilizadas en la alimentación de cuyes (Cavia porcellus L.)*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú.

Association of Official Analytical Chemists. (2002). *Official methods of analysis of the AOAC International* (17th ed.). Gaithersburg, MD (USA).

Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria. (2008). Theobromine as undesirable substances in animal feed scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain. *The EFSA Journal*, 725: 1-66. recuperado de <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2008.725>

Bezarte, H.; Sangronis, E.,;. (2008). La Cascara de Cacao (Theobroma Cacao L.) Una Fuente Posible de Peptinas de Fuente Latinoamericanos de Nutrión Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericano de Nutricion (Vol. 58 N° 1).

Bondi, A. A. (1989). *Nutrición Animal*. Zaragoza, España: Acribia, S. A.

Cárdenas Suárez, N. M. (2014). *Identificación y composición químico nutricional de alimentos de uso pecuario en la provincia de Canchis, Cusco* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. Obtenido de <https://bit.ly/3ZLosY6>

Church, D. (2002). *Fundamento de Nutrición e Alimentación de Animales* (3ra ed.). Mexico: UTEHA. Recuperado de https://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lda/lopez_g_m/capitulo1.pdf

Clavijo, Z. (2011). Nutrición, Dietética Y Alimentación. (C. d. Junta de Andalucía, Ed.) España: 978-84-694-3861-9. Recuperado de file:///C:/Users/Admin/Downloads/Dialnet-NutricionDieteticaYAlimentacion-697532.pdf

Cruz Dueñas, V. A. (2018). Utilización de cuatro raciones en el crecimiento y engorde de cuyes raza Perú y criollo mejorado Arequipeño (*Cavia porcellus*) en base a concentrado comercial y alfalfa en el Distrito de Paucarpata - Arequipa [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú. recuperado de <https://n9.cl/etl59>

Fan, M. Z., & Sauer, W. C. (1995). Determination of apparent ileal amino acid digestibility in barley and canola meal for pigs with the direct, difference, and regression methods. *Journal of Animal Science - Alberta - Canada*, 73(8) 73:2364-2374. doi:10.2527/1995.7382364x

Farro Guevara, E. (2012). *Digestibilidad aparente, energía digestible y metabolizable de cascarilla de cacao, polvillo de arroz y harina de pituca (Colocasia esculenta) en cuyes (Cavia porcellus)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.14292/792>

Flores, G. (2021). Propuesta de Implementación de una Línea de Producción de Harina de Cebada en Empresa Comercializadora Para Incrementar su Rentabilidad. [tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo - Facultad de Ingeniería]. Repositorio institucional - Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo. Recuperado de https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/4439/1/TL_FloresSaavedraGianella.pdf

Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. (2021). Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. Recuperado de <http://www.fundacionfedna.org/node/495>

Hernández, R. (2014). Metodología de la Investigación (6° ed.). Mexico. Recuperado de [vhttps://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf](https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf)

Huarco Ylla, D. (2012). *Determinación de la digestibilidad aparente de la semilla despigmentada de achiote (Bixa orellana) en el cuy (Cavia porcellus L.)*, INIA - EEA, Anta [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/877/253T20120072.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2019). Peru: panorama Economico Departamental. Obtenido de <https://n9.cl/t2odp>

Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2020). Más de 800 mil familias empoderan la crianza de cuy como actividad comercial. Recuperado de <https://www.inia.gob.pe/2020-nota-105/>

Lema Naula, L. V. (2016). Evaluación de harina de Theobroma cacao (cascarilla de cacao) para la alimentación de cuyes en la etapa de crecimiento - engorde [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnico de Chimborazo]. Repositorio Institucional - Escuela Superior Politécnico de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Malhotra, N. (2004). Investigación de Mercados un Enfoque Aplicado (cuarta ed.). (E. Q. Duarte, Ed.) Mexico. Recuperado de https://www.google.com.pe/books/edition/Investigaci%C3%B3n_de_mercados/SLmEbIVK2OQC?hl=es&gbpv=1

Maynard, L., Loosli, J., Hintz, H., & Warner, R. (1981). Nutrición Animal (4a. ed.). Mexico: Mc GRAW-HILL.

McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. y Morgan, C. A. (1999). Nutrición Animal (5.ª ed.). Zaragoza, España: ACRIBIA, S.A.

Meza Cabillas, V. R. (2021). *Determinación de la digestibilidad y de energía digestible de la pepa y la cáscara de maracuyá (Passiflora edulis) en cuyes (Cavia porcellus)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Recuperado de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4899/meza-cabillas-villma-ruvi.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Murillo Crespo, I. G. (2008). Evaluación de 2 dietas experimentales con diferentes niveles de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) en las fases de crecimiento y acabado de cuyes (*Cavia porcellus* L.) de raza andina [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Litoral]. Repositorio Institucional - Escuela Superior Politécnica de Litoral, Guayaquil, Ecuador. Recuperado de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/31993>

Pareja, C. X. (2024). Efecto del Periodo de Adaptación, Duración de Prueba y Sexo Sobre la Digestibilidad in Vivo Para Cuyes en Crecimiento. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Antonio del Cusco]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional de San Antonio del Cusco, Peru. Recuperado de https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/9543/253T2024091_2_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Parra, J., & Gómez Z, A. (2008). *Importancia de la utilización de diferentes técnicas de digestibilidad en la nutrición y formulación porcina* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <https://repositorio.unicordoba.edu.co/entities/publication/f6f5a427-cbba-4003-8275-36223ea3de91>

Pilco Mamani , E. K. (2022). Valor nutricional y estimación de energía de la harina de cebada en cuyes en altura [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/18961>

Puelles Salas, A. (2019). *Uso de complejo multienzimático fibrolítico sobre la digestibilidad de rastrojos agrícolas en cuyes (Cavia porcellus)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú. Recuperado de

https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/4450/253T2019048_2_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Quintana M, E., Jiménez A, R., Carcelén C, F., San Martín H, F., & Ara G, M. (2013). Efecto de dietas de alfalfa verde, harina de cebada y bloque mineral sobre la eficiencia productiva de cuyes. *Rev Inv Vet Perú*, 24(4): 425-432. doi:<https://doi.org/10.15381/rivep.v24i4.2744>

Quintana Maraví, E. E. (2009). *Suplementación de dietas a base de alfalfa verde con harina de cebada más una mezcla mineral y su efecto sobre el rendimiento y eficiencia productiva en cuyes en crecimiento en el Valle del Mantaro* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. Recuperado de <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/780a4590-c869-424f-9269-1a277a38783c/content>

Roque, B. (2015). *Nutrición y Alimentación Animal Consumo y Digestibilidad*. [Tesis de pregrado Universidad Nacional del Altiplano Puno, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia] Repositorio Institucional - Universidad Nacional del Altiplano, Puno.

Saucedo Alanya, E. M. (2023). *Determinación del coeficiente digestible aparente de la energía del aceite de palma, torta de palmiste y cascarilla de cacao en Cavia porcellus L. (cuyes)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.14292/2386>

Statistical Analysis System. (2016). *Introducción a la programación en SAS® Studio 3.5*. NC, USA: SAS Institute Inc.

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

Teneda, W., Guaman, G., y Oyaque, G. S. (2019). *Exploración de la interacción de consumo de cascarilla de cacao (Theobroma cacao L.) como infusión: caso Tungurahua – Ecuador*

Vargas Huaman, M. L. (2023). *Digestibilidad de la harina de alfalfa (Medicago sativa L.) y afrecho de cebada (Hordeum vulgare) en cuyes (Cavia porcellus L.)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú. Recuperado de <https://n9.cl/mw2p5>

Vela Román, L. A. (2020). *Digestibilidad y estimación de la energía digestible de la torta de palmiste (Elaeis guineensis) en cuyes (Cavia porcellus)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Recuperado de <https://bit.ly/3kMoKiS>

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. Recuperado de <https://doi.org/10.4995/wrs.2001.442>.

ANEXOS

Anexo 1. Preparación, mezcla y proceso de peletización de los alimentos



Anexo 2. Pellets de dietas experimentales



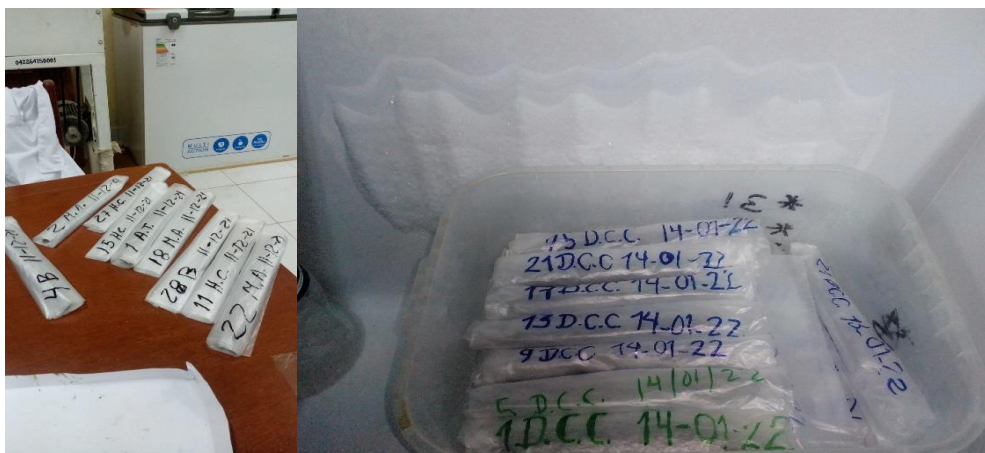
Anexo 3. Ensayo de digestibilidad



Anexo 4. Colección de heces



Anexo 5. Refrigeración de las heces colectadas



Anexo 6. Determinación del peso seco de las heces



Anexo 7. Molienda de muestras



Anexo 8. Preparación de muestras para el laboratorio



Anexo 9. Análisis de varianza y prueba del rango múltiple de Duncan para consumo de la dieta basal 1 y dieta grano de cebada (g MS/día/cuy)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	617.9836299	617.9836299	17.65	0.0018
Error	10	350.0512035	35.0051203		
Total	11	968.0348334			

corregido

CV: 12.20 Consumo MS Dbasal-gc; Dgc: Media =48.49

Duncan Agrupamiento	Media	N	Dietas
A	55.671	7	Dbasal 1
B	41.319	6	Dbasal 1 + 50% gc

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (P>0.05)

Anexo 10. Análisis de varianza y prueba del rango múltiple de Duncan para CDMS de la dieta basal 1 y la dieta grano de cebada (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	135.7640986	135.7640986	58.78	<.0001
Error	10	23.0965041	2.3096504		
Total	11	158.8606028			

corregido

CV:2.12 DMS Dbasal-gc; Dgc: Media=71.65

Duncan Agrupamiento	Media	N	Dietas
A	75.0131	6	Dbasal 1 + 50% gc
B	68.2859	7	Dbasal 1

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (P>0.05)

Anexo 11. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para CDMO de la dieta basal 1 y la dieta grano de cebada (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	153.5882430	153.5882430	76.40	<.0001
Error	10	20.1030009	2.0103001		
Total	11	173.6912439			

corregido

CV:1.95 DMO Dbasal-gc; Dgc: Media=72.89

Duncan Agrupamiento	Media	N	Dietas
A	76.4651	6	Dbasal 1 + 50% gc
B	69.3100	7	Dbasal 1

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P>0.05$)

Anexo 12. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para CDPC de la dieta basal 1 y la dieta grano de cebada (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	92.5981502	92.5981502	13.03	0.0048
Error	10	71.0582227	7.1058223		
Total	11	163.6563729			

corregido
CV:3.48 DPC Dbasal-gc; Dgc: Media=76.63

Duncan Agrupamiento	Media	N	Dietas
A	79.405	7	Dbasal 1
B	73.849	6	Dbasal 1 + 50% gc

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P>0.05$)

Anexo 13. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para CDEE de la dieta basal 1 y la dieta grano de cebada (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	43.2180573	43.2180573	3.45	0.0929
Error	10	125.2438894	12.5243889		
Total	11	168.4619467			

corregido
CV:5.21 DEE Dbasal-gc; Dgc: Media=67.89

Duncan Agrupamiento	Media	N	Dietas
A	69.788	7	Dbasal 1
A	65.992	6	Dbasal 1 + 50% gc

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P>0.05$)

Anexo 14. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para CDFC de la dieta basal 1 y la dieta grano de cebada (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	24.76334596	24.76334596	5.43	0.0420
Error	10	45.57488562	4.55748856		
Total	11	70.33823158			

corregido
CV:3.18 DFC Dbasal-gc; Dgc: Media=67.21

Duncan Agrupamiento	Media	N	Dietas
A	68.647	6	Dbasal 1 + 50% gc
B	65.774	7	Dbasal 1

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P>0.05$)

Anexo 15. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para CDEB de la dieta basal 1 y la dieta grano de cebada (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	90.5576300	90.5576300	38.88	<.0001
Error	10	23.2945149	2.3294515		
Total	11	113.8521449			

corregido

CV:2.13 DEB Dbasal-gc; Dgc: Media=71.65

Duncan Agrupamiento	Media	N	Dietas
A	74.4015	6	Dbasal 1 + 50% gc
B	68.9073	7	Dbasal 1

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P>0.05$)

Anexo 16. Análisis de varianza y prueba del rango múltiple de Duncan para consumo de la dieta basal 2 y dieta cascarilla de cacao (g MS/día/cuy)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	198.0379346	198.0379346	3.95	0.0703
Error	12	602.0348463	50.1695705		
Total	13	800.0727808			

corregido

CV:13.95 Consumo MS Dbasal-cc; Dcc: Media=50.79

Duncan Agrupamiento	Media	N	Dietas
A	54.553	7	Dbasal 2 + 40% cc
A	47.031	7	Dbasal 2

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P>0.05$)

Anexo 17. Análisis de varianza y prueba del rango múltiple de Duncan para CDMS de la dieta basal 2 y la dieta cascarilla de cacao (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	365.4722327	365.4722327	193.58	<.0001
Error	12	22.6550670	1.8879222		
Total	13	388.1272997			

corregido

CV:1.96 DMS Dbasal-cc; Dcc: Media=70.12

Duncan Agrupamiento	Media	N	Dietas
A	75.2279	7	Dbasal 2
B	65.0093	7	Dbasal 2 + 40% cc

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P>0.05$)

Anexo 18. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para CDMO de la dieta basal 2 y la dieta cascarilla de cacao (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	393.9962391	393.9962391	243.94	<.0001
Error	12	19.3814986	1.6151249		
Total	13	413.3777377			

corregido

CV:1.79 DMO Dbasal-cc; Dcc: Media=70.82

Duncan Agrupamiento	Media	N	Dietas
A	76.1296	7	Dbasal 2
B	65.5196	7	Dbasal 2 + 40% cc

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P>0.05$)

Anexo 19. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para CDPC de la dieta basal 2 y la dieta cascarilla de cacao (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	1555.664311	1555.664311	430.38	<.0001
Error	12	43.375744	3.614645		
Total	13	1599.040054			

corregido

CV:2.84 DPC Dbasal-cc; Dcc: Media=66.97

Duncan Agrupamiento	Media	N	Dietas
A	77.516	7	Dbasal 2
B	56.433	7	Dbasal 2 + 40% cc

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P>0.05$)

Anexo 20. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para CDEE de la dieta basal 2 y la dieta cascarilla de cacao (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	1.57797618	1.57797618	0.78	0.3938
Error	12	24.20535926	2.01711327		
Total	13	25.78333544			

corregido

CV:1.84 DEE Dbasal-cc; Dcc: Media=77.31

Duncan Agrupamiento	Media	N	Dietas
A	77.6412	7	Dbasal 2
A	76.9697	7	Dbasal 2 + 40% cc

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P > 0.05$)

Anexo 21. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para CDFC de la dieta basal 2 y la dieta cascarilla de cacao (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	45.30121716	45.30121716	14.78	0.0023
Error	12	36.77688938	3.06474078		
Total corregido	13	82.07810654			

CV:2.49 DFC Dbasal-cc; Dcc: Media=70.28

Duncan Agrupamiento	Media	N	Dietas
A	72.0749	7	Dbasal 2
B	68.4773	7	Dbasal 2 + 40% cc

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P > 0.05$)

Anexo 22. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para CDEB de la dieta basal 2 y la dieta cascarilla de cacao (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	467.3509582	467.3509582	221.42	<.0001
Error	12	25.3284701	2.1107058		
Total corregido	13	492.6794283			

CV:2.09 DEB Dbasal-cc; Dcc: Media=69.52

Duncan Agrupamiento	Media	N	Dietas
A	75.2964	7	Dbasal 2
B	63.7410	7	Dbasal 2 + 40% cc

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P > 0.05$)

Anexo 23. Análisis estadístico descriptivo de consumo (g MS/día/cuy) y coeficiente de digestibilidad de las dietas experimentales

Dietas	Etiqueta	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar
Dbasal 1	CONMSD	55.67	6.38	47.42	63.10	2.60
	DMSd	68.29	0.86	67.15	69.25	0.35
	DMOd	69.31	0.78	68.23	70.11	0.32
	DPCd	79.40	2.10	77.23	82.76	0.86
	DEEd	69.79	4.10	65.34	74.54	1.68
	DCEd	69.15	0.75	68.54	70.55	0.31
	DFCd	65.77	1.44	64.57	68.39	0.59
	DELNd	61.70	1.91	59.02	64.55	0.78
DEBd	68.91	0.98	67.65	69.98	0.40	
Dbasal 1 + 50% gc	CONMSD	41.32	5.42	31.99	47.61	2.21
	DMSd	75.01	1.97	72.70	78.49	0.80
	DMOd	76.47	1.85	74.19	79.60	0.75
	DPCd	73.85	3.13	69.26	77.83	1.28
	DEEd	65.99	2.87	62.73	70.62	1.17
	DCEd	58.40	7.43	50.80	69.25	3.03
	DFCd	68.65	2.65	64.54	72.74	1.08
	DELNd	81.60	1.55	79.29	84.04	0.63
DEBd	74.40	1.92	71.96	77.63	0.79	
Dbasal 2	CONMSD	47.03	4.90	39.41	51.56	1.85
	DMSd	75.23	1.21	73.77	76.95	0.46
	DMOd	76.13	1.20	74.94	78.10	0.45
	DPCd	77.52	1.68	75.11	80.14	0.64
	DEEd	77.64	1.89	74.64	80.40	0.71
	DCEd	55.17	3.89	49.41	60.57	1.47
	DFCd	72.07	1.83	68.55	74.06	0.69
	DELNd	79.85	1.61	76.91	82.03	0.61
DEBd	75.30	1.21	74.26	77.23	0.46	
Dbasal 2 + 40% cc	CONMSD	54.55	8.74	43.41	69.79	3.30
	DMSd	65.01	1.52	62.74	67.02	0.58
	DMOd	65.52	1.34	63.56	67.30	0.51
	DPCd	56.43	2.10	52.66	59.14	0.79
	DEEd	76.97	0.68	76.14	78.25	0.26
	DCEd	58.26	4.71	51.50	64.43	1.78
	DFCd	68.48	1.67	65.43	69.91	0.63
	DELNd	65.29	1.87	62.01	67.50	0.71
DEBd	63.74	1.66	61.30	66.13	0.63	

Nota: CONMD: consumo de materia seca dieta; DMSd: digestibilidad de la materia seca dieta; DMOd: digestibilidad de la materia orgánica dieta; DPCd: digestibilidad de la proteína cruda dieta; DEEd: digestibilidad del extracto etéreo dieta; DCEd: digestibilidad de la ceniza dieta; DFCd: digestibilidad de la fibra cruda dieta; DELNd: digestibilidad del extracto libre de nitrógeno dieta; DEBd: digestibilidad de la energía bruta dieta; Dbasal 1: dieta basal 1; Dbasal 1 + 50% gc: dieta grano de cebada; Dbasal 2: dieta basal 2; Dbasal 2 + 40% cc: dieta cascarilla de cacao; gc: grano de cebada; cc: cascarilla de cacao

Anexo 24. Análisis estadístico descriptivo de coeficiente de digestibilidad de las materias primas en estudio

Materias primas	Etiqueta	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar
Grano de cebada	DMSmp	81.40	3.96	76.74	88.40	1.62
	DMOmp	84.24	3.52	79.91	90.21	1.44
	DPCmp	61.57	11.23	45.13	75.83	4.58
	DEEmp	61.17	5.76	54.60	70.47	2.35
	DCEmp	47.31	14.94	32.03	69.15	6.10
	DFCmp	71.34	5.34	63.08	79.57	2.18
	DELNmp	74.21	1.93	71.33	77.24	0.79
	DEBmp	76.80	3.87	71.89	83.28	1.58
Cascarilla de cacao	DMSmp	50.13	3.74	44.57	55.08	1.41
	DMOmp	59.97	2.63	56.11	63.49	0.99
	DPCmp	24.81	5.24	15.39	31.58	1.98
	DEEmp	75.99	1.67	73.95	79.14	0.63
	DCEmp	62.75	11.58	46.15	77.92	4.38
	DFCmp	63.24	4.09	55.75	66.76	1.55
	DELNmp	15.58	1.97	12.14	17.90	0.74
	DEBmp	45.83	4.20	39.63	51.88	1.59

Nota: DMSmp: digestibilidad de la materia seca materia prima; consumo de materia seca dieta; DMOmp: digestibilidad de la materia orgánica materia prima; DPCmp: digestibilidad de la proteína cruda materia prima; DEEmp: digestibilidad del extracto etéreo materia prima; DCEmp: digestibilidad de la ceniza materia prima; DFCd: digestibilidad de la fibra cruda materia prima; DELNmp: digestibilidad del extracto libre de nitrógeno materia prima; DEBmp: digestibilidad de la energía bruta materia prima

Anexo 25. Análisis estadístico descriptivo de valoración nutritiva de PCD, EED, FCD (%) y ED (kcal/kg MS) de las materias primas en estudio

Materia prima	Etiqueta	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar
Grano de cebada	PCDmp	6.13	1.12	4.50	7.55	0.46
	EEDmp	1.41	0.13	1.26	1.62	0.05
	CEDmp	1.12	0.35	0.76	1.64	0.14
	FCDmp	5.11	0.38	4.52	5.70	0.16
	ELNDmp	58.04	1.51	55.79	60.41	0.62
	EDmp	3253	163.85	3045	3527	66.89
Cascarilla de cacao	PCDmp	3.40	0.72	2.11	4.33	0.27
	EEDmp	5.56	0.12	5.41	5.79	0.05
	CEDmp	3.60	0.66	2.65	4.47	0.25
	FCDmp	16.51	1.07	14.55	17.42	0.40
	ELNDmp	7.35	0.93	5.72	8.44	0.35
	EDmp	1962	179.98	1697	2221	68.02

Nota: PCDmp: proteína cruda digestible materia prima; EEDmp: extracto etéreo digestible materia prima; CEDmp: ceniza digestible materia prima; FCDmp: fibra cruda digestible materia prima; DELND: extracto libre de nitrógeno digestible materia prima; EDmp: energía digestible materia prima

Anexo 26. Análisis estadístico descriptivo de valoración nutritiva de ED (kcal/kg MS) de las dietas experimentales

Dietas	Etiqueta	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar
Dbasal 1	EDd	3035	43.10	2980	3083	17.60
Dbasal 1 + 50% gc	EDd	3150	81.46	3047	3287	33.26
Dbasal 2	EDd	3408	54.99	3361	3495	20.78
Dbasal 2 + 40% cc	EDd	2819	73.29	2711	2925	27.70

Nota: Dbasal 1: dieta basal 1; Dbasal 1 + 50% gc: dieta grano de cebada; Dbasal 2: dieta basal 2; Dbasal 2 + 40% cc: dieta cascarilla de cacao; gc: grano de cebada; cc: cascarilla de cacao; EDd: energía digestible dieta