

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL
CUSCO**

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA



TESIS

**“DIGESTIBILIDAD DE LA HARINA DE ALFALFA (*Medicago sativa* L.) Y
AFRECHO DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) EN CUYES (*Cavia porcellus* L.)”**

Presentado por el Bachiller en Ciencias

Agrarias: **MARIO LUNA VARGAS HUAMAN.**

Para optar al Título Profesional de **INGENIERO
ZOOTECNISTA.**

ASESORES:

Ing. Zoot. Ph.D. **GILBERT ALAGÓN HUALLPA**

Ing. Zoot. M.Sc. **GARDENIA TUPAYACHI SOLÓRZANO**

FINANCIADO POR LA UNSAAC

K'AYRA - CUSCO - PERÚ

2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

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

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: "Digestibilidad de la harina de Albalá (Medicago sativa L.) y Ajonjolí de Sabana (Hordeum vulgare) en cuyos (Cavia porcellus L.)"

presentado por: Maxio Serna Vargas Huamán con DNI Nro.: 60396861

presentado por: con DNI Nro.:

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 09%.

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** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 28 de agosto de 2023

Firma

Post firma Gaspariano Rufa yachi Solórzano

Nro. de DNI 42769402

ORCID del Asesor 0000-0002-8131-7223
0000-0003-0534-493X

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: 27259:258412547

NOMBRE DEL TRABAJO

"DIGESTIBILIDAD DE LA HARINA DE ALF ALFA (Medicago sativa L.) Y AFRECHO D E CEBADA (Hordeum vulgare) E

AUTOR

MARIO LUNA VARGAS HUAMAN

RECUENTO DE PALABRAS

19369 Words

RECUENTO DE CARACTERES

101539 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

82 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

10.8MB

FECHA DE ENTREGA

Aug 28, 2023 6:19 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 28, 2023 6:21 PM GMT-5

● 9% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base

- 6% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Cros:

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)

DEDICATORIA

En primer lugar, el presente trabajo de investigación lo dedico a **Dios todopoderoso** por darme la fuerza espiritual y la sabiduría necesaria para llegar a estas instancias.

A mi padre **Saturnino Vargas Hanco**, que ha sido base de mi formación, por su motivación de cada día, por formarme con valores, por su paciencia y apoyo incondicional.

A mis hermanos: **Saulo Vargas Huaman, Piter Vargas Huaman, Washington Vargas Huaman, Percy Vargas Huaman y Daniel Vargas Huaman** por sus valiosos consejos, por el gran apoyo que me han brindado durante la elaboración de mi tesis.

A mi hermana **Elsa Vargas Huaman**, por su orientación, ayuda y por su disposición cada vez que lo requería.

A mis tíos, que me apoyaron y animaron a culminar este trabajo: **Lina Tecla Hanco Sumire y Justo Jaime Málaga Sánchez**.

AGRADECIMIENTOS

Ante todo, agradezco profundamente a mis asesores de tesis: Al **Ing. Zoot. Ph.D. Gilbert Alagón Huallpa** y a la **Ing. Zoot. M.Sc. Gardenia Tupayachi Solórzano**, que fueron pacientes, accesibles, disponibles y generosos para compartir sus amplios conocimientos y experiencias, por sus constantes orientaciones y asesoría en la elaboración de mi tesis, que hicieron que este trabajo se culminara satisfactoriamente.

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.*)**”, perteneciente a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, que financió la ejecución de la presente investigación.

A todos los miembros del equipo de trabajo del proyecto, que me brindaron su apoyo incondicional y fueron fundamental durante este trayecto de investigación.

A todos los docentes, que íntegramente me han impartido sus conocimientos académicos. Al personal administrativo, a mis amigos y compañeros de estudio de la Facultad de Agronomía y Zootecnia, de la Escuela Profesional de Zootecnia, quienes estuvieron presentes durante mi vida universitaria, a ellos mis agradecimientos por estar presentes y haber compartido conocimientos y aventuras, momentos felices.

A mi padre y hermanos, no sólo les dedico este trabajo, sino que también les agradezco por todo su apoyo, paciencia y comprensión. Los Amo.

A mi alma máter, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Agronomía y Zootecnia, Escuela Profesional de Zootecnia. Gracias a todos.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
GLOSARIO DE TÉRMINOS	xiv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
I. INTRODUCCIÓN.....	18
II. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN	19
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN.....	19
2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
2.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	19
2.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	20
III. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN	21
3.1. OBJETIVOS.....	21
3.1.1. OBJETIVO GENERAL	21
3.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
3.2. JUSTIFICACIÓN.....	21

IV. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	23
4.1. MARCO TEÓRICO	23
4.1.1. DIGESTIBILIDAD.....	23
4.1.2. DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD	23
4.1.3. MÉTODOS PARA DETERMINAR LA DIGESTIBILIDAD	23
a. Método directo	23
b. Método indirecto	24
c. Método de indicadores	25
4.1.4. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD.....	26
4.1.5. PRUEBAS DE DIGESTIBILIDAD	26
a. Digestibilidad <i>in vivo</i>	26
b. Digestibilidad <i>in vitro</i>	27
c. Digestibilidad <i>in situ</i>	28
4.1.6. EXPRESIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD O TIPOS DE DIGESTIBILIDAD.....	29
a. Digestibilidad aparente	29
b. Digestibilidad verdadera	30
4.1.7. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DIGESTIBILIDAD	30
a. Composición de los alimentos	30
b. Composición de la ración	31
c. Preparación de los alimentos	31
d. Suplementación de los alimentos con enzimas.....	32

e.	Factores dependientes de los animales	32
f.	Nivel de alimentación	32
4.1.8.	HARINA DE ALFALFA (<i>Medicago sativa L.</i>)	33
a.	Características nutritivas de la alfalfa.....	33
b.	Alfalfa granulada (16.5% PC)	33
c.	Composición química de la alfalfa granulada (16.5% PC).....	34
d.	Valor energético en otras especies monogástricas	34
e.	Valor proteico en otras especies monogástricas	34
4.1.9.	AFRECHO DE CEBADA (<i>Hordeum vulgare</i>).....	35
a.	Características nutritivas de la cebada.....	35
b.	Composición química del afrecho de cebaba	35
4.2.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	35
V.	MATERIALES Y MÉTODOS	40
5.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN	40
5.2.	DURACIÓN DE ESTUDIO	40
5.3.	INSTALACIONES.....	40
5.3.1.	DEL BIOTERIO	40
5.4.	MATERIALES Y EQUIPOS	40
5.4.1.	DE EQUIPOS Y MATERIALES DE BIOTERIO	40
5.4.2.	DE EQUIPOS Y MATERIALES DE LABORATORIO	41
5.5.	MATERIAL BIOLÓGICO	42

5.5.1. CUYES	42
5.5.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS CUYES	42
5.6. MATERIAS PRIMAS EVALUADAS	42
5.6.1. INSUMOS DE LA DIETA BASAL	42
5.6.2. PROCEDENCIA DE LAS MATERIAS PRIMAS	43
5.7. DIETAS EXPERIMENTALES	43
5.7.1. PREPARACIÓN Y MEZCLA DEL ALIMENTO	43
5.7.2. PROCESO DE PELETIZACIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.....	44
5.8. MÉTODOS.....	44
5.8.1. DIGESTIBILIDAD.....	44
5.8.2. PERIODO DE ADAPTACIÓN	44
5.8.3. PERIODO EXPERIMENTAL.....	45
a. Consumo de alimento	45
b. Suministración de agua	45
c. Control de temperatura, ventilación y humedad.....	45
d. Colección y manejo de heces	46
5.9. DETERMINACIÓN DEL PESO SECO DE LAS HECES	46
5.10. PROCESO DE MOLIENDA Y PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS EN BASE SECA.....	46
5.11. ANÁLISIS QUÍMICO DE LABORATORIO DE MATERIAS PRIMAS, DIETAS Y HECES	46
5.12. DETERMINACIÓN DE LAS DIGESTIBILIDADES	47

5.13.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	48
5.14.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	48
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	49
6.1.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA HARINA DE ALFALFA Y DEL AFRECHO DE CEBADA.....	49
6.1.1.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AFRECHO DE CEBADA	49
6.1.2.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA HARINA DE ALFALFA	50
6.2.	DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LAS DIETAS Y MATERIAS PRIMAS.....	51
6.2.1.	CONSUMO (g MS/DÍA/CUY) Y DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.....	51
6.2.2.	DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LAS MATERIAS PRIMAS	55
6.2.3.	VALORES NUTRITIVOS DE PCD, EED, CED, FCD, ELND (%), ED (kcal/kg MS) DE LAS MATERIAS PRIMAS EN ESTUDIO	58
VII.	CONCLUSIONES	61
VIII.	RECOMENDACIONES	62
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
	ANEXOS	66

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición química de la alfalfa granulada (16.5% PC).....	34
Tabla 2. Valor energético de la alfalfa granulada	34
Tabla 3. Valor proteico de la alfalfa granulada	34
Tabla 4. Composición química del afrecho de cebada	35
Tabla 5. Composición bromatológica del afrecho de cebada por diferentes literaturas publicadas	39
Tabla 6. Composición bromatológica de la harina de alfalfa por diferentes literaturas publicadas	39
Tabla 7. Distribución de tratamientos	42
Tabla 8. Ingredientes (% MS) de los piensos experimentales.....	43
Tabla 9. Composición química de los piensos experimentales (% MS)	44
Tabla 10. Composición química de las materias primas en estudio (%).....	49
Tabla 11. Ingestión (g MS/día), coeficientes de digestibilidad aparente (DA %) de las dietas.....	51
Tabla 12. Coeficiente de digestibilidad aparente (DA %) de las materias primas	55
Tabla 13. Valores nutritivos de PCD, EED, CED, FCD, ELND (%), ED (kcal/kg MS) de las materias primas.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Jaula metabólica del estudio.....	41

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Preparación, mezcla y proceso de peletización de los alimentos	66
Anexo 2. Pellets de dietas experimentales	66
Anexo 3. Ensayo de digestibilidad	67
Anexo 4. Control de peso de los cuyes.....	67
Anexo 5. Pesaje de peso de las dietas experimentales (Pellets) para los cuyes	68
Anexo 6. Colección de heces.....	68
Anexo 7. Refrigeración de las heces colectadas	69
Anexo 8. Determinación del peso seco de las heces.....	69
Anexo 9. Pesaje del peso seco de las heces	70
Anexo 10. Molienda de muestras.....	70
Anexo 11. Preparación de muestras para el laboratorio	71
Anexo 12. Muestras molidas de dietas experimentales, materias primas y heces para el análisis químico en el laboratorio	71
Anexo 13. Análisis de varianza y prueba del rango múltiple de Duncan para consumo de dietas experimentales (g MS/día/cuy).....	72
Anexo 14. Análisis de varianza y prueba del rango múltiple de Duncan para digestibilidad de la materia seca de las dietas (%)	72
Anexo 15. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad de la materia seca de las materias primas (%)	72
Anexo 16. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad de la materia orgánica de las dietas (%)	73

Anexo 17. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad de la materia orgánica de las materias primas (%)	73
Anexo 18. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad de la proteína cruda de las dietas (%)	73
Anexo 19. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad de la proteína cruda de las materias primas (%)	74
Anexo 20. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad del extracto etéreo de las dietas (%)	74
Anexo 21. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad del extracto etéreo de las materias primas (%)	74
Anexo 22. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad de la ceniza de las dietas (%)	75
Anexo 23. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad de la ceniza de las materias primas (%)	75
Anexo 24. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad de la fibra cruda de las dietas (%)	75
Anexo 25. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad de la fibra cruda de las materias primas (%)	76
Anexo 26. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad del extracto libre de nitrógeno de las dietas (%)	76
Anexo 27. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad del extracto libre de nitrógeno de las materias primas (%)	76
Anexo 28. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad de la energía bruta de las dietas (%)	77
Anexo 29. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad de la energía bruta de las materias primas (%)	77

Anexo 30. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para proteína cruda digestible de las materias primas (%).....	77
Anexo 31. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para el extracto etéreo digestible de las materias primas (%).....	78
Anexo 32. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para la ceniza digestible de las materias primas (%)	78
Anexo 33. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para la fibra cruda digestible de las materias primas (%).....	78
Anexo 34. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para el extracto libre de nitrógeno digestible de las materias primas (%).	79
Anexo 35. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para energía digestible de las dietas (%).....	79
Anexo 36. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para energía digestible de las materias primas (%).....	79
Anexo 37. Informe de análisis químico proximal de la harina de alfalfa: dieta, materia prima y heces.....	80
Anexo 38. Informe de análisis químico proximal del afrecho de cebada: dieta, materia prima y heces.....	81
Anexo 39. Informe de análisis químico proximal de la dieta basal y heces.....	82

GLOSARIO DE TÉRMINOS

AOAC: Association of Official Analytical Chemists

FEDNA: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal

INIA: Instituto Nacional de Investigación Agraria

DA: Digestibilidad aparente

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

DMS: Digestibilidad de materia seca

DMO: Digestibilidad de materia orgánica

DPC: Digestibilidad de proteína cruda

DEE: Digestibilidad del extracto etéreo

DCE: Digestibilidad de la ceniza

DFC: Digestibilidad de la fibra cruda

DELN: Digestibilidad del extracto libre de nitrógeno

DEB: Digestibilidad de la energía bruta

PCD: Proteína cruda digestible

EED: Extracto etéreo digestible

CED: Ceniza digestible

FCD: Fibra cruda digestible

ELND: Extracto libre de nitrógeno digestible

ED: Energía Digestible

Haa: Harina de alfalfa

Afce: Afrecho de cebada

Dbasal: Dieta basal

Dhaa: Dieta harina de alfalfa

Dafce: Dieta afrecho de cebada

RESUMEN

El estudio de investigación tuvo como objetivo evaluar la composición química y la digestibilidad aparente de los diferentes nutrientes de la harina de alfalfa (*Medicago sativa L.*) y afrecho de cebada (*Hordeum vulgare*) en cuyes (*Cavia porcellus L.*), mediante un ensayo de digestibilidad *in vivo*. Para lo cual se utilizaron 21 cuyes en etapa de crecimiento entre machos y hembras, con una edad de 50 días, con 795 g de peso vivo promedio, distribuidas al azar en jaulas metabólicas, asignándose 7 cuyes por dieta: dieta basal, dieta harina de alfalfa, dieta afrecho de cebada. Para determinar las composiciones químicas se utilizó el método de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC), para hallar los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes de cada una de las dietas se calculó por diferencia entre cantidades de nutriente ingerida y la de nutriente excretada con las heces y para estimar las digestibilidades de los nutrientes de las materias primas, harina de alfalfa y afrecho de cebada se calcularon de acuerdo al método de sustitución. El trabajo tuvo un tiempo de duración de 15 días distribuidos en dos periodos: adaptación (10 días) y experimental (cinco días), en la cual se midió el alimento consumido y producción de excretas de cada uno de los cuyes. Los resultados de coeficientes de digestibilidad aparente alcanzados para la harina de alfalfa fueron: $61.35 \pm 3.80\%$ de MS, $61.43 \pm 3.75\%$ de MO, $70.99 \pm 2.62\%$ de PC, $38.35 \pm 4.40\%$ de EE, $66.21 \pm 6.51\%$ de CE, $54.52 \pm 7.68\%$ de FC, $63.66 \pm 6.61\%$ de ELN y $59.27 \pm 3.74\%$ de EB, asimismo el estimado del valor energético de ED fue de 2473 ± 155.85 (kcal/kg MS); y los resultados de coeficientes de digestibilidad aparente alcanzados para el afrecho de cebada fueron: $42.82 \pm 4.22\%$ de MS, $42.04 \pm 4.08\%$ de MO, $76.74 \pm 8.56\%$ de PC, $61.87 \pm 8.18\%$ de EE, $51.86 \pm 15.47\%$ de CE, $19.45 \pm 9.80\%$ de FC, $37.24 \pm 4.17\%$ de ELN y $43.43 \pm 3.61\%$ de EB, asimismo el estimado del valor energético de ED fue de 1929 ± 160.18 (kcal/kg MS). Los resultados alcanzados demuestran que la harina de alfalfa es un alimento para cuyes superior al afrecho de cebada con 13.76% de PCD y 2473 kcal/kg MS de ED.

Palabras clave: Digestibilidad, harina de alfalfa, afrecho de cebada, cuyes.

ABSTRACT

The objective of the research study was to evaluate the chemical composition and apparent digestibility of the different nutrients of alfalfa (*Medicago sativa L.*) and barley bran (*Hordeum vulgare*) meal in guinea pigs (*Cavia porcellus L.*), through an assay digestibility in vivo. For which 21 guinea pigs were used in the growth stage between males and females, with an age of 50 days, with an average live weight of 795 g, randomly distributed in metabolic cages, assigning 7 guinea pigs per diet: basal diet, flour diet, alfalfa, barley bran diet. To determine the chemical compositions, the method of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC) was used. To find the coefficients of digestibility of the nutrients of each of the diets, it was calculated by difference between the amounts of nutrient ingested and that of nutrient excreted with the feces and to estimate the digestibilities of the nutrients of the raw materials, alfalfa meal and barley bran were calculated according to the substitution method. The work had a duration of 15 days distributed in two periods: adaptation (10 days) and experimental (five days), in which the food consumed and excreta production of each of the guinea pigs was measured. The results of apparent digestibility coefficients achieved for alfalfa meal were: $61.35 \pm 3.80\%$ of DM, $61.43 \pm 3.75\%$ of OM, $70.99 \pm 2.62\%$ of CP, $38.35 \pm 4.40\%$ of EE, $66.21 \pm 6.51\%$ of CE, $54.52 \pm 7.68\%$ of CF, $63.66 \pm 6.61\%$ of NFE and $59.27 \pm 3.74\%$ of gross energy, likewise the estimate of the energy value of DE was 2473 ± 155.85 (kcal/kg DM); and the results of apparent digestibility coefficients reached for barley bran were: $42.82 \pm 4.22\%$ of DM, $42.04 \pm 4.08\%$ of OM, $76.74 \pm 8.56\%$ of CP, $61.87 \pm 8.18\%$ of EE, $51.86 \pm 15.47\%$ of CE, $19.45 \pm 9.80\%$ of CF, $37.24 \pm 4.17\%$ of NFE and $43.43 \pm 3.61\%$ of gross energy, likewise the estimate of the energy value of DE was 1929 ± 160.18 (kcal/kg DM). The results obtained show that alfalfa meal is a food for guinea pigs superior to barley bran with 13.76% of CPD and 2473 kcal/kg DM of DE.

Keywords: Digestibility, alfalfa meal, barley bran, guinea pigs.

I. INTRODUCCIÓN

El cuy (*Cavia porcellus L.*) es una especie de origen e interés sudamericano y particularmente andino, la visión productiva y comercial de la crianza de cuyes se está incrementando debido a que la carne del cuy es una valiosa fuente de alimento proteico y de ingresos económicos (Solórzano, 2014), a nivel nacional se ha incrementado la población de cuyes a más de 18 millones en el Perú (Chauca, 2020).

En la actualidad, la crianza de cuyes es considerada como una actividad económica muy importante que ha generado en el país microempresas familiares; cumple la función principal en contribuir con la seguridad alimentaria, principalmente de las familias rurales del Perú. Los beneficios conseguidos mediante su producción han sido principalmente sociales y económicos. En lo social, ayudando a mejorar la dieta familiar a través de su consumo de carne, y en lo económico, por ingreso generado mediante sus ventas (Chauca, 2020).

En la producción comercial de cuyes el componente de la alimentación viene a ser uno de los factores de mayor importancia; gravitante para la respuesta bioeconómica de la crianza de cuyes, debido a que representa aproximadamente el 70% de los costos de producción (Carhuallanqui, 2021).

Por ello en la búsqueda de incorporación de materias primas de costos moderados en la alimentación de cuyes, proporcionada en alimentos peletizados con contenidos importantes de proteína, energía y con altos niveles de fibra como la harina de alfalfa y afrecho de cebada. Por ese motivo es necesario realizar estudios más profundos que generen información relevante sobre la digestibilidad en las materias primas señaladas. En consecuencia, estos insumos podrán incorporarse con mejores criterios en las dietas de cuyes y pasar a ser de mayor uso en la alimentación de cuyes mejorando así su producción y rendimiento.

Poseer conocimiento e información veraz de la composición química y del valor nutritivo de los alimentos que consumen los cuyes, mejorarán el uso de las materias primas utilizadas en la alimentación de cuyes mediante la construcción y formulación de tablas de alimentación que permitan cubrir las necesidades nutricionales de los cuyes.

II. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

En el sistema de crianza comercial de cuyes, la harina de alfalfa y el afrecho de cebada como fuentes de fibra y aportes importantes de proteína y energía están siendo utilizadas en la alimentación de los cuyes, pero existe escasa información publicada sobre la digestibilidad de los nutrientes y consecuentemente de su valor y calidad nutricional; en ese contexto, la determinación de la digestibilidad de los nutrientes de las dos materias primas permitirá estimar el valor nutricional especialmente en proteína digestible y energía digestible. Por tal razón es fundamental generar conocimiento sobre lo indicado anteriormente con el propósito de aportar mayor información sobre estos insumos, conocer sus valores nutricionales y construir tablas de materias primas para cuyes que permitan la formulación confiable de raciones balanceadas que cubran los requerimientos nutricionales del cuy.

2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, es muy importante tener conocimiento sobre el valor y calidad nutricional de las materias primas, que se les está suministrando en la alimentación a los animales, con qué fin se les está aportando, cuál es la composición química de estos insumos. En tal sentido siendo el problema la poca información veraz del valor nutritivo de la harina de alfalfa y del afrecho de cebada en cuyes, es fundamental realizar estudios de digestibilidad *in vivo* con la finalidad de determinar los coeficientes de digestibilidad más relevantes de los diferentes nutrientes, de tal manera que, con los resultados de su composición química y valores nutricionales obtenidos se puedan elaborar las tablas de materias primas de alimentación para cuyes. Por lo tanto, se plantea las siguientes preguntas:

2.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la composición química y la digestibilidad de la harina de alfalfa y afrecho de cebada en cuyes?

2.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es la composición química de la harina de alfalfa y afrecho de cebada?
- ¿Cuáles son los coeficientes de digestibilidad de los diferentes nutrientes de la harina de alfalfa y afrecho de cebada en cuyes?

III. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

3.1. OBJETIVOS

3.1.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la composición química y la digestibilidad de la harina de alfalfa y afrecho de cebada 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) de la harina de alfalfa y afrecho de cebada.
- Determinar la digestibilidad *in vivo* de la 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) de la harina de alfalfa y afrecho de cebada en cuyes.

3.2. JUSTIFICACIÓN

Los resultados del presente trabajo de investigación contribuirán a un mejor conocimiento de la composición química y del valor nutricional de la harina de alfalfa y el afrecho de cebada, que son materias primas que se ofertan en el mercado local y regional y son utilizados en la alimentación animal.

Debido a la escasa información que se tiene en la actualidad sobre estudios de digestibilidad de la harina de alfalfa y afrecho de cebada en cuyes, se ha creado un vacío en el conocimiento científico sobre este tema. Por todo ello es fundamental el estudio del presente trabajo de investigación con la intención de aportar los resultados al conocimiento científico, asimismo este conocimiento será difundido a los productores de cuyes, formuladores de alimentos, a las plantas de procesamiento de alimentos balanceados y además de aportar con la información para elaborar tablas de composición química y valor nutritivo para cuyes, útil para formular dietas equilibradas con alto grado de confiabilidad.

Para desarrollar sistemas de producción racional de carne de cuy, similar al de pollos y cerdos, es fundamental la utilización de piensos granulados balanceados, que cubran las necesidades fisiológicas (lactancia, crecimiento y engorde), y maximizar su potencial genético (prolificidad, crecimiento). Por lo tanto, es necesario realizar análisis químico de nutrientes, pruebas de digestibilidad y otras pruebas para una correcta valoración nutricional de las materias primas utilizadas en la alimentación de cuyes.

IV. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1. MARCO TEÓRICO

4.1.1. DIGESTIBILIDAD

“La digestibilidad de los alimentos puede definirse, con cierto grado de exactitud, como la cantidad que no se excreta en las heces y que, por tanto, se considera absorbida por el animal” (McDonald *et al.*, 1999, p. 205).

Según Toledo (2016) la digestibilidad es un indicador biológico muy interesante, pero no es un indicador de calidad, es solo uno de los factores condicionales de sí misma. La digestibilidad es la fracción del nitrógeno ingerido que es absorbido por el animal, expresada en porcentajes.

Porcentualmente el aporte de dichos nutrientes se determina químicamente y en el caso de los animales solamente se puede determinar según la sintomatología, ambos en comparación a la disposición de diagnóstico especializado (McDonald *et al.*, 1999).

4.1.2. DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD

En las pruebas de digestibilidad se prefiere animales machos más que hembras, de modo que la colección de excretas y de su orina es más favorable, tienen que ser de temperamento tranquilo y no deben poseer enfermedades. En las jaulas metabólicas se mantienen, los animales de tamaños pequeños, en donde la separación de las heces y la orina es mediante una serie de rejillas (McDonald *et al.*, 1999).

“En tanto que, en los mayores, como el ganado vacuno, se colocan arneses con bolsas de goma o cualquier material impermeable, que permiten la recogida de las heces” (McDonald *et al.*, 2006, p. 206).

4.1.3. MÉTODOS PARA DETERMINAR LA DIGESTIBILIDAD

a. Método directo

Se alimenta a un animal con un alimento específico, también conocido como ración, y se mide su ingesta de ese alimento, tras lo cual se recoge la excreción total de heces del animal que corresponde al alimento estudiado. Se evalúan tanto las heces

que se recogen como las muestras del pienso que se utiliza. Las pruebas de digestibilidad implican un seguimiento de los nutrientes que se ingieren y de las cantidades que se expulsan en las heces. Con la ayuda de estos datos, se puede calcular la digestibilidad de un nutriente específico, de un alimento individual o de una ración (Bondi, 1989).

Es fundamental que las heces recogidas sean cuantitativamente representativas de los restos no digeridos de la cantidad regulada de alimento que se ingirió, y que las heces recogidas no contengan heces de ninguna ración que se haya consumido antes del experimento. En los animales monogástricos, el tiempo necesario para que los restos de comida se desplacen por el sistema digestivo oscila entre uno y tres días. Por ello, es necesario un intervalo intermedio para limpiar el sistema digestivo de los restos de las comidas anteriores del animal y para que este se acostumbre a la ración actual. Una vez concluida esta fase de preparación, se iniciará la recogida y el examen de las heces. La ración se suministra en la misma cantidad cada día para reducir la variación que se produce en la cantidad de heces que se eliminan cada día (Bondi, 1989).

b. Método indirecto

Si existen efectos asociativos entre las comidas, el método de digestibilidad por diferencia no es un método especialmente fiable. No sólo la composición de una comida tiene un efecto sobre la facilidad con la que se puede digerir, sino también la composición de los otros alimentos que se consumen al mismo tiempo. Una posible explicación de los efectos asociativos es que la combinación de dos alimentos da lugar a una dieta más o menos equilibrada que una dieta compuesta por una sola comida (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, 2020, en Vela, 2020).

c. Método de indicadores

Puede no ser factible evaluar directamente la ingesta de alimentos, la excreción fecal, o ambas, dependiendo de las condiciones, como cuando hay escasez de equipo apropiado o cuando el experimento tiene ciertas características que lo hacen difícil. Por ejemplo, si los animales se alimentan en grupo, resulta imposible determinar la ingestión de cada individuo. No obstante, es posible evaluar su digestibilidad, si, por el contrario, el alimento incluye algún material que no puede ser digerido en absoluto, esto puede hacerse determinando el contenido de dicho indicador tanto en el pienso como en cantidades pequeñas de muestras de excretas de cada animal, la relación que existe entre esas concentraciones permite la determinación de la digestibilidad (McDonald *et al.*, 1999).

Expuesto en la fórmula de ecuación:

$$\text{Digestibilidad} = \frac{\text{indicador g/excretas kg} - \text{indicador g/alimento kg}}{\text{indicador g/excretas kg}}$$

Es posible que el indicador sea un componente natural propio del alimento, pero también podría ser una sustancia química que se combina con el alimento. La mezcla de productos químicos con alimentos del tipo del heno, resulta difícil; en este caso, puede emplearse algún componente indigestible como la lignina. Actualmente se utilizan como indicadores las fracciones de los alimentos denominadas fibra ácida y cenizas insolubles en ácido detergente indigestible (este último se compone principalmente de dióxido de silicio), junto con otros n-alcanos de cadena larga (C₂₅-C₃₅) de origen natural. El cromo, en forma de óxido de cromo, a menudo conocido como Cr₂O₃, es la más utilizada cuando se combina con los alimentos. El óxido de cromo tiene una solubilidad muy baja, en consecuencia, es indigerible. Además, es bajo la probabilidad de que el Cr₂O₃ aparezca naturalmente en los alimentos en proporciones significativas. Para los animales no rumiantes, puede añadirse a los alimentos dióxido de titanio como indicador (McDonald *et al.*, 1999).

La digestibilidad puede determinarse mediante el empleo de indicadores, sin medir la ingestión de alimentos y heces excretadas. Los indicadores pueden ser componentes naturales de los alimentos o sustancias añadidas. Se han propuesto los siguientes criterios para el indicador ideal: debe ser totalmente indigestible e inabsorbible, la

determinación debe ser sencilla y exacta, debe atravesar el tracto digestivo a un ritmo uniforme, semejante al de la ración en estudio, la presencia de los marcadores añadidos a los alimentos no debe afectar de ningún modo a la digestión. Se ha recomendado una serie de indicadores internos como la lignina, cenizas insolubles en ácido y el cromógeno; y como marcadores añadidos el óxido de cromo (Cr₂O₃), óxido férrico y óxidos de tierras raras. El óxido de cromo es el marcador más empleado en los estudios de digestibilidad (Bondi, 1989).

4.1.4. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD

El coeficiente de digestibilidad de un alimento señala la cantidad de un alimento a nivel global o un nutriente en concreto, el cual no es excretado y por lo tanto se considera que es aprovechado por el animal después de la absorción en el tracto digestivo (Bondi, 1989).

Se expresa:

$$CD (\%) = \frac{Ni - Nh}{Ni} \times 100$$

Dónde:

CD: Coeficiente de digestibilidad

Ni: Nutriente ingerido

Nh: Nutriente en heces

4.1.5. PRUEBAS DE DIGESTIBILIDAD

a. Digestibilidad *in vivo*

Los animales se alojan en jaulas hechas específicamente para ellos; en algunos diseños de jaulas, el suelo es una rejilla por la que corren la orina y las heces, y las excretas se recogen en un receptáculo adecuado. Hay muchos métodos para recoger las heces sin contaminarlas con la orina (Bondi, 1989).

El alimento estudiado se administra a los animales en proporciones conocidas durante los ensayos de digestibilidad en vivo, y se mide la excreción fecal. Primero, aunque sean de la misma especie, edad y sexo, los animales muestran pequeñas variaciones en sus capacidades digestivas. Segundo, las repeticiones permiten detectar errores en la estimación de la digestibilidad de las pruebas. En los experimentos de digestibilidad, particularmente efectuados para rumiantes es favorable la suministración del alimento en una determinada hora exacta y que las proporciones consumidas no varíen de un momento a otro. Los experimentos se completan con el análisis de muestras de los alimentos empleados (McDonald *et al.*, 2006).

Para garantizar una composición homogénea, los alimentos usados para el experimento deben combinarse previamente, si es posible, de forma homogénea. Luego, se suministran a los animales durante al menos una semana antes del inicio de la recogida de heces para que se acostumbren a la dieta y eliminen los restos de alimento de su sistema digestivo. Tras esta primera fase, sigue una fase experimental en la que se hace un seguimiento del consumo de alimento y de la excreción fecal. La duración típica del periodo de pruebas oscila entre los cinco y los 14 días, siendo los intervalos más largos los que proporcionan una mayor precisión (McDonald *et al.*, 2006).

b. Digestibilidad *in vitro*

Es necesario utilizar ecuaciones de ajuste para conectar las dos mediciones, ya que la digestibilidad medida *in vitro* suele ser algo inferior a la determinada *in vivo*. Actualmente, este método se emplea para evaluar la digestibilidad de muestras de pequeño tamaño, como las recogidas por los fitotécnicos, así como para asesorar a las personas dedicadas a la ganadería y examinar los alimentos groseros en las explotaciones. Otra posibilidad es la estimación de la digestibilidad de la hierba consumida al pastoreo, si se recoge mediante el empleo de animales con fístulas esofágicas (McDonald *et al.*, 2006).

La digestibilidad aproximada de la proteína en los alimentos concentrados para todos los animales domésticos, puede estimarse a partir de la susceptibilidad de la proteína a la incubación en pepsina + ácido clorhídrico. La fermentación ruminal *in vitro* puede usarse para medir con bastante precisión la digestibilidad de los alimentos de los

rumiantes. Este método, que implica la incubación de muestras de alimento en el líquido ruminal en circunstancias anaeróbicas, reproduce lo que ocurre en el rumen y los procesos secuenciales en el tracto digestivo de los rumiantes. Normalmente, el medio es una solución tampón que imita la saliva de los rumiantes. La muestra necesita 48 horas de incubación. La determinación de la materia seca residual, la desaparición de la celulosa, la formación de gas y la producción de ácidos grasos volátiles son los últimos pasos (Bondi, 1989).

Es posible determinar, con cierta precisión, el coeficiente de digestibilidad de los alimentos para rumiantes, sometiéndolos primero a la acción del líquido ruminal y luego a la de la pepsina. El primer paso de este procedimiento, que se denomina "*in vitro* de dos fases", consiste en colocar un espécimen de alimento muy bien pulverizado durante un periodo de cuarenta y ocho horas, en condiciones anaerobias en un conducto que presenta líquido ruminal tamponado. El segundo paso consiste en eliminar las bacterias acidificando el medio con ácido muriático, también llamado ácido clorhídrico hasta lograr un pH de dos, y seguidamente digerirlo incubándolo con pepsina durante otras 48 horas. Esto se hace después de la acidificación del medio. Después de filtrar, secar e incinerar el residuo insoluble, se puede determinar una estimación de la cantidad de materia orgánica digerible, restándola de la cantidad total de materia orgánica encontrada en el alimento (McDonald *et al.*, 2006).

c. Digestibilidad *in situ*

Los animales fistulados que se utilizan para obtener líquido ruminal para la medición de la digestibilidad *in vitro* también pueden utilizarse para la evaluación rápida de la digestibilidad de pequeñas muestras de alimento. Esto es posible porque los animales fistulados tienen dos rúmenes que están conectados por un tubo. Estas muestras, que pesan entre tres y cinco gramos de materia seca (MS) cada una, se insertan en pequeñas bolsas de un material sintético penetrable y con un tamaño de malla estándar de entre cuatrocientos a mil seiscientos micrómetros cuadrados. Luego, las bolsas se introducen en el rumen mediante una cánula y se deja que permanezcan allí entre veinticuatro a cuarenta y ocho horas. Después de quitar las bolsas, se limpian y se secan para calcular el porcentaje de MS del pienso que continua como material sin digerir. Esta técnica se denomina determinación de la digestibilidad *in*

sacro. Esta técnica presenta ciertos problemas que surgen, fundamentalmente, de la necesidad de seleccionar el periodo de incubación adecuado (McDonald *et al.*, 2006).

La técnica de la bolsa es un método útil para medir la digestibilidad. Este método consiste en introducir muestras de forrajes secos en bolsas compuestas de materiales no digeribles (nylon, seda) y luego introducir estas bolsas a través de una fístula en el rumen de un animal. El tamaño de los poros del material con el que se confecciona la bolsa, es una consideración crucial que debe ser idóneo para posibilitar que entren los microbios. La magnitud de la digestión se determina a partir de la pérdida de materia seca en la muestra tras un periodo establecido de incubación (Bondi, 1989).

4.1.6. EXPRESIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD O TIPOS DE DIGESTIBILIDAD

a. Digestibilidad aparente

Suele ocurrir que los coeficientes de digestibilidad aparente de las proteínas y las grasas, sin considerar las proteínas y las grasas de origen metabólico, siempre son inferiores a los coeficientes de digestibilidad verdadera o real. Los coeficientes de digestibilidad aparente son lo suficientemente precisos para la mayoría de las necesidades prácticas y son los que aparecen en las tablas nutricionales de los alimentos. Las excretas no consisten únicamente en restos de alimentos no digeridos, sino que también contienen sustancias de los órganos y tejidos corporales (como células intestinales desprendidas y jugos digestivos), así como los microorganismos que viven en el intestino. La cantidad de alimento aparentemente digerido es igual a la diferencia entre la cantidad de ración ingerida y la cantidad de ración expulsada (Bondi, 1989).

En la mayoría de los casos, la digestibilidad aparente de los ingredientes de alimentos orgánicos es bastante apropiado en la mayoría de las situaciones. En cambio, los coeficientes de digestibilidad aparente para determinados elementos minerales carecen por completo de sentido y no tienen ninguna utilidad práctica. La excreción de sustancias en las heces que no provienen directamente de la dieta conduce a una subestimación de la cantidad de alimentos que los animales verdaderamente absorben. Por consiguiente, las cifras obtenidas en los experimentos de digestibilidad reciben el nombre de coeficientes de digestibilidad aparente (McDonald *et al.*, 2006).

$$CDa = \frac{Nc - Nh}{Nc} \times 100$$

Dónde:

CDa: Coeficiente de digestibilidad aparente

Nc: Nutriente consumido

Nh: Nutriente en heces

b. Digestibilidad verdadera

En la práctica, los coeficientes de digestibilidad verdadera o real son difíciles de determinar, de modo que, en la mayoría de los casos no es posible diferenciar las fracciones de las heces correspondientes a los alimentos y animales (McDonald *et al.*, 2006).

Mientras que la digestibilidad real o efectiva se determina por la diferencia entre lo que se ingiere y lo que se elimina en las heces, los productos metabólicos no se tienen en cuenta en este cálculo. Los productos químicos nitrogenados, los lípidos y los minerales de origen metabólico se mezclan en las heces, pero el intestino no segrega ningún hidrato de carbono (Bondi, 1989).

$$\text{Digestibilidad real del nitrógeno} = \frac{\text{Nitrógeno ingerido} - (\text{nitrógeno en heces} - \text{nitrógeno metabólico})}{\text{Nitrógeno ingerido}} \times 100$$

4.1.7. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DIGESTIBILIDAD

a. Composición de los alimentos

La digestibilidad de los alimentos está vinculada estrechamente con la composición bromatológica, por lo que los alimentos como la cebada, cuya composición bromatológica es ligeramente variable, presenta pequeñas diferencias en la digestibilidad. En cambio, el forraje fresco o conservado, se caracterizan por una composición bromatológica menos constante, por lo que su digestibilidad varía más. El contenido de fibra de los alimentos es lo que más afecta la digestibilidad, siendo fundamental la cantidad y la composición bromatológica de la fibra (McDonald *et al.*, 1999).

La digestibilidad de los alimentos puede rebajarse por las deficiencias o excesos de nutrientes u otros componentes. Dichos efectos son más frecuentes en los rumiantes en los que, por ejemplo, las deficiencias de azufre o nitrógeno amoniacal en el líquido ruminal limitan el crecimiento microbiano y, como consecuencia, se reduce la digestibilidad de la fibra. Así mismo, el exceso de lípido en la ración inhibe a los microorganismos del rumen. El alto contenido en sílice en algunos alimentos, particularmente la paja de arroz, reduce su digestibilidad (McDonald *et al.*, 1999).

b. Composición de la ración

La digestibilidad de los alimentos no solo está afectada por su composición bromatológica, sino también por otros alimentos consumidos al mismo tiempo, según eso podría observarse que, si se administraran en proporciones iguales en una ración mixta un alimento poco digerible y un concentrado, la digestibilidad de la ración global sería distinta, lo cual influye negativamente (McDonald *et al.*, 1999).

En estos casos, la rápida fermentación del almidón hasta ácidos grasos volátiles rebaja el pH del rumen hasta 6 o menos. El bajo pH inhibe a los microorganismos celulolíticos y disminuye la digestibilidad de la fibra. El descenso puede prevenirse parcialmente mediante la adición a la ración de agentes tampón como el bicarbonato sódico, pero además de su "efecto pH" parece que el almidón ejerce un efecto directo sobre la celulolisis (McDonald *et al.*, 2006).

c. Preparación de los alimentos

Los alimentos groseros se someten comúnmente a procedimientos de cocción, molienda, triturado, compresión. Son sometidos a distintos tratamientos con el objetivo de disminuir el tamaño. El picado no afecta mucho a la digestibilidad, sin embargo, esto puede disminuirse indirectamente evitando que los animales elijan las porciones más digeribles. El aplastamiento de alimentos poco digeribles (alimentos groseros) implica hacer bloques con una sección transversal redonda o cuadrada, lo que tampoco tiene un impacto importante en la digestibilidad, el procesamiento más intensivo, la molienda fina (generalmente seguida de la granulación), afecta significativamente la digestión y, por lo tanto, la digestibilidad de los alimentos groseros, de vez en cuando se considera el tratamiento de carácter térmico de los

alimentos para mejorar su digestibilidad. Un método clásico de tratamiento térmico es el caso de la cocción (McDonald *et al.*, 1999).

“El calor puede aplicarse también a otros alimentos en forma de vapor o mediante irradiación con microondas (proceso conocido como micronización). Aplicados a los cereales, dichos tratamientos mejoran poco la digestibilidad” (McDonald *et al.*, 2006, p. 215).

d. Suplementación de los alimentos con enzimas

Las preparaciones de carácter enzimático (generalmente de origen fúngico) puede ser añadidos para una mejor digestión. A partir de la enzima b-glucanasa se han obtenido buenos resultados con más eficacia agregada en las raciones considerando la cebada. Si el b-glucano escapa a la ingestión, se encuentran en las heces como geles que determinan heces pegajosas (McDonald *et al.*, 1999).

Además, la degradación de los glucanos parece mejorar la digestibilidad del pienso. Así mismo, se han utilizado preparaciones enzimáticas para otros componentes polisacáridos de los cereales. Otra preparación enzimática es una fitasa que mejora la digestibilidad del ácido fítico y, tanto, reduce las necesidades de suplementación con fósforo de las raciones para los animales no rumiantes (McDonald *et al.*, 1999).

e. Factores dependientes de los animales

La digestibilidad fundamentalmente guarda más relación con el alimento que con el animal que la come. No obstante, lo cual no significa que la propia ración de alimento que se da a distintos animales se digiera de la misma manera. El factor animal más relevante es la especie a la que pertenece, alimentos que poseen menor contenido de fibra son digeridos bien por los animales rumiantes y no rumiantes, en cambio los alimentos fibrosos son digeridos mejor por los rumiantes (McDonald *et al.*, 1999).

f. Nivel de alimentación

“El nivel o plano de alimentación suele expresarse en múltiplos de la cantidad de alimentos necesarios para el mantenimiento del organismo animal (es decir, la cantidad necesaria para que el animal no pierda ni gane peso” (McDonald *et al.*, 1999, p. 218).

Particularmente, al incrementar la cantidad consumida de un determinado alimento, influye en el ritmo de la digestión ocasionando un ritmo de paso más rápido por el tracto digestivo. En consecuencia, los alimentos se exponen a la acción de las enzimas digestivas durante menos tiempo, por tanto, se produce una reducción en la digestibilidad (McDonald *et al.*, 1999).

“Los descensos de esta magnitud pueden deberse a exagerados efectos asociativos del alimento, existiendo algunas pruebas de que pueden evitarse aumentando el contenido en proteína de la ración” (McDonald *et al.*, 2006, p. 216).

4.1.8. HARINA DE ALFALFA (*Medicago sativa* L.)

La harina de alfalfa proviene del heno de alfalfa molido (Alagón *et al.*, 2022). Las alfalfas, especialmente las henificadas, exigen un control de calidad sistemático, ya que su valor nutritivo varía en función de la calidad de la materia prima inicial, las condiciones del proceso de conservación, recogida y almacenamiento (fermentación, contaminación bacteriana y fúngica) y de su adulteración con otros ingredientes (De Blas *et al.*, 2010).

a. Características nutritivas de la alfalfa

La alfalfa es una excelente fuente de macrominerales, particularmente de Ca, Cl y K, que en ocasiones puede ser un inconveniente. Su contenido en P y Mg es aceptable. Asimismo, el fosforo en la alfalfa no está en forma de fitato, por tanto, su disponibilidad en animales monogástricos es muy alta. El contenido en microminerales (magnesio, zinc, cobre, hierro), vitaminas (especialmente vitamina E, vitamina D, biotina, colina y provitamina A) y pigmentos es elevado (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal [FEDNA], 2019).

b. Alfalfa granulada (16.5% PC)

La granulación favorece su manipulación, pero reduce su proporción de fibra efectiva. La alfalfa puede consumirse en forma fresca, ensilada, henificada o deshidratada. Estos dos últimos procesos son los de mayor interés para la industria de piensos compuestos. La alfalfa de calidad contiene alrededor de un 50% de pared celular, con una composición de la fibra muy equilibrada. Por término medio incluye un 8% de

pectinas, un 10% de hemicelulosas, un 25% de celulosa y entre un 7 a 8% de lignina. Por ello, asegura un rápido tránsito digestivo, un aporte significativo de fibra soluble y una alta capacidad tampón. Esto unido a su elevada palatabilidad, hace de la alfalfa un ingrediente de elección en piensos de vacas de alta producción y de conejos (FEDNA, 2019).

c. Composición química de la alfalfa granulada (16.5% PC)

Tabla 1. Composición química de la alfalfa granulada (16.5% PC)

Composición nutricional	Cantidad (%)
Humedad	9.2
Cenizas	11.1
PC	16.5
EE	2.4
FC	25.4
Almidón	0.5
Azúcares	3.3

Fuente: FEDNA (2019)

Leyenda: PC: proteína cruda; EE: extracto etéreo; FC: fibra cruda

d. Valor energético en otras especies monogástricas

Tabla 2. Valor energético de la alfalfa granulada

Especies	Componentes	Alfalfa granulada (kcal/kg MS)
Porcinos	ED	1760
Aves (Broiler/ponedoras)	ED	850
Conejos	ED	1720
Caballos	ED	1800

Fuente: FEDNA (2019)

Leyenda: ED: energía digestible; kcal/kg: kilocaloría por kilogramo

e. Valor proteico en otras especies monogástricas

Tabla 3. Valor proteico de la alfalfa granulada

Especies	Alfalfa granulada (%)	Proteína digestible (%)
Porcinos	50	8.25
Aves	56	9.24
Conejos	63	10.40
Caballos	59	9.74

Fuente: FEDNA (2019)

4.1.9. AFRECHO DE CEBADA (*Hordeum vulgare*)

La industria molinera del grano de cebada procesa la obtención del morón que en la región andina está destinado a la alimentación humana y como subproducto se obtiene el afrecho destinado a la alimentación animal, el afrecho representa aproximadamente entre el 10 a 12% de peso del grano (De Blas *et al.*, 2010).

Es usado mayormente en la alimentación de animales de granja. La producción de cebada va en aumento en el Perú, específicamente en la Región Apurímac, su producción es cada vez mayor, solo en el año 2019 la siembra tuvo un incremento de 0.8 mil hectáreas respecto al periodo anterior (Morales y Morón, 2020).

a. Características nutritivas de la cebada

La cebada tiene una baja proporción de grasa (<2%) y de ácido linoleico (0.8%), dando lugar por tanto a canales de calidad. También tiene un bajo contenido en pigmentos, vitaminas liposolubles y vitamina B12. En cambio, una fuente excelente de algunas vitaminas del grupo B (tiamina, riboflavina, piridoxina, ácido pantoténico) y de niacina, aunque en este último caso su disponibilidad para monogástricos es escasa 10% (FEDNA, 2019).

b. Composición química del afrecho de cebada

Tabla 4. Composición química del afrecho de cebada

Componentes	Cantidad (%)
MS	88.75
PC	13.60
EE	2.66
Lignina	1.78
Hemicelulosa	18.81
Celulosa	13.93
Ceniza	9.79

Fuente: Torres *et al.* (2010)

Leyenda: MS: materia seca; PC: proteína cruda; EE: extracto etéreo

4.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Sakaguchi *et al.* (1997) indican en su estudio “Digestión de fibra y ganancia de peso en cuyes alimentados con dietas que contienen diferentes fuentes de fibra” que se examinaron los efectos de diferentes fuentes de fibra sobre el consumo de alimento,

la ganancia de peso y la digestibilidad de la fibra en cobayos alimentados con dietas granuladas que contenían harina de alfalfa, heno de avena, pulpa de remolacha y cubos de heno comercial mezclados con una dieta basal en proporciones de 3:1 (75% en la dieta), 1:1 (50%) y 1:3 (25%). La dieta basal contenía 50.0% maíz, 4.1% trigo, 22.1% harina de trigo y 17.7% harina de gluten de maíz. La ingesta de alimentos aumentó a medida que aumentaba la cantidad de fuente de fibra, pero no en el caso de la pulpa de remolacha. La fibra más digerible (ADF y NDF) fue la de pulpa de remolacha. La digestibilidad aparente de la materia seca disminuyó con proporciones crecientes de fuente de fibra a la dieta basal para todas las fuentes de fibra, pero las digestibilidades de fibra y proteína cruda variaron y dependieron no solo de la proporción de fibra a la dieta basal sino también de la fuente de la fibra.

Torres *et al.* (2010) indican en su estudio “Tablas de composición química nutricional de alimentos y forrajes, Arequipa” que la presente tabla de composición nutricional de recursos alimenticios para rumiantes en el sur peruano, sistematiza el análisis químico nutricional realizado en 30 meses de desarrollo del subproyecto de investigación estratégica denominado “Valoración Químico Nutricional de Recursos Alimenticios, Conocimiento Base para Mejorar la Competitividad y la Sustentabilidad de la Ganadería Bovina del Sur Peruano”; cuyo ámbito de influencia incluyó las principales zonas de producción de vacunos en Arequipa, Puno y Cusco. Es el resultado del trabajo unánime entre las Universidades de Católica de Santa María de Arequipa y Mayor de San Marcos de Lima, Universidad Nacional de San Antonio Abad Cusco, Universidad del Altiplano Puno y GLORIA S.A. Cada equipo profesional, perteneciente a cada Universidad contaron con expertos de las cuatro universidades aliadas. Entre las diferentes materias primas evaluados se sistematizó el análisis químico nutricional del afrecho de cebada perteneciente a la región Cusco con 88.75% de MS, 13.60% de PC, 2.66% de EE, 34.52% de FDN, 9.79% de ceniza, 2.99% Mcal/kg MS de ED, 2.57 Mcal/kg MS de EM, asimismo también se sistematizó el análisis químico nutricional del heno de alfalfa perteneciente a la región de Arequipa con 95.03% de MS, 15.25% de PC, 2.08% de EE, 10.29% de ceniza, 2.24% Mcal/kg MS de ED, 1.81 Mcal/kg MS de EM.

Cárdenas (2014) realizó un estudio denominado “Identificación y composición químico nutricional de alimentos de uso pecuario en la provincia de Canchis, Cusco”

tuvo el objetivo de identificar los principales alimentos usados en la alimentación animal y evaluar su composición nutritiva en la provincia de Canchis, Cusco. Para identificar las materias primas, se encuestó a 80 agricultores de las riberas de los ríos Vilcanota y Ausangate a 3,300 - 3,700 msnm. Se realizaron evaluaciones nutricionales de las siguientes materias primas alimenticias: grano de haba, heno de broza de haba, heno de broza de arveja, coronta de maíz, heno de chala de maíz, chala de maíz verde, paja de trigo, paja de avena, heno de avena, avena verde, afrecho de cebada, paja de cebada, cebada verde, heno de alfalfa, alfalfa verde, trébol rojo y trébol blanco. Entre los residuos de cosecha, los alimentos con mayor valor nutritivo fueron: el residuo agroindustrial afrecho de cebada con contenido de materia seca (89.80%), proteína cruda (10.59%), extracto etéreo (3.52%), ceniza (7.20%), energía metabolizable (2.45 Mcal/kg), energía digestible (2.87% Mcal/kg). Concluyendo que el valor nutricional de las materias primas comúnmente utilizadas por los productores de Canchis, contienen algunos valores nutricionales propios a nivel de la zona.

Salcedo (2017) efectuó su estudio "Evaluación de harina de sangre bovina y harina de alfalfa (*Medicago sativa*) como fuentes de proteína en el alimento balanceado para cuyes (*Cavia porcellus L.*)" con el objetivo de preparar un alimento balanceado tipo concentrado (en forma de gránulos) para cuyes utilizando harinas de alfalfa y sangre como materias primas de carácter proteico, evaluándose el alimento consumido, incremento de peso corporal, la conversión alimenticia y el coeficiente de digestibilidad, además el efecto de las materias primas sobre las características organolépticas de las carcasas obtenidas y la rentabilidad de la preparación del alimento balanceado, estudiándose cuatro tratamientos; dieta balanceada más 36% de harina de alfalfa (T1), dieta balanceada con 18% de harina de alfalfa y 4% de harina de sangre (T2), dieta balanceada con 8% de harina de sangre (T3), y muestra control (T4), en el experimento se utilizaron 32 animales de experimentación para la prueba de consumo de alimento y 16 animales para la prueba de coeficiente de digestibilidad, utilizándose el análisis de varianza en un diseño completamente al azar (DCA), cada tratamiento se repitió cuatro veces, los resultados se compararon mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), determinándose que si hubo diferencia significativa en el consumo de alimento entre los cuatro tratamientos, el promedio de consumo de alimento, ganancia de peso y tasa de conversión alimenticia para el

tratamiento 3 después de ocho semanas de alimentación alcanzó 49.2 g/día, 13.8 g/día y 4.0 g/día, respectivamente comparado a los tratamientos 2, 4 y 1 con ganancias de peso de 12.2, 11.8 y 11.6 g/día, con una conversión alimenticia de 4.6, 5.0 y 5.2, respectivamente. El tratamiento 3 tuvo la mayor digestibilidad con 78.9%, seguido por T2 con 74.4%, T4 con 76.6% y finalmente T1 con 76.6%.

Castro y Chirinos (2021) indican en su estudio “Valor nutricional de algunas materias primas para la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*)” que para formular alimentos económicamente viables y lograr un alto rendimiento en la producción de cuyes, es importante conocer el valor nutritivo de los alimentos, lo que requiere determinar su composición química, disponibilidad de nutrientes y contenido energético. El análisis químico, las pruebas de digestibilidad y el contenido de energía digestible (ED) y energía metabolizable (EM) de 63 alimentos se determinaron utilizando cobayos machos de cuatro a cinco meses de edad. Los alimentos de prueba fueron forrajes, residuos agrícolas, residuos agroindustriales y de cocina, harinas energéticas y harinas proteicas de origen animal y vegetal. El resultado mostró una amplia variabilidad en la composición química y densidad energética de los alimentos evaluados. En el caso de los forrajes, principal fuente de alimentación de los cuyes, los contenidos promedio de PC, FC, MO, ED y EM fueron: $18.06 \pm 6.50\%$, $23.08 \pm 7.14\%$, $89.95 \pm 2.62\%$, 2963.71 ± 442.68 y 2430.24 ± 363.00 kcal/kg; para los residuos agroindustriales y de cocina los valores fueron $11.52 \pm 4.72\%$, $22.80 \pm 14.61\%$, $91.37 \pm 4.74\%$, $3006.31 \pm 554.01\%$ y 2465.18 kcal/kg ± 454.29 kcal/kg; para los alimentos proteicos, los valores fueron $55.18 \pm 22.87\%$, $5.11 \pm 5.72\%$, $91.18 \pm 6.92\%$, 3681.94 ± 433.24 kcal/kg y 3019.19 ± 355.26 kcal/kg; para los alimentos energéticos, los valores fueron $12.73 \pm 3.22\%$, $5.46 \pm 1.96\%$, $95.33 \pm 3.32\%$, 3705.41 ± 171.78 kcal/kg y 3038.43 ± 140.86 kcal/kg. El contenido de EM está directamente asociado con el contenido de PC ($R^2 = 0.19$) y la digestibilidad de la MO ($R^2 = 0.56$) e inversamente con el contenido de FC ($R^2 = 0.40$) y cenizas ($R^2 = 0.13$) ($P < 0.01$). Los resultados de este estudio pueden ser utilizados para diseñar programas de alimentación para la producción familiar y comercial de cuyes para carne.

Alagón *et al.* (2022) efectuaron un estudio denominado “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.*)” que tuvo como objetivo

evaluar la composición química, aminoácidos y la digestibilidad aparente del contenido de materia seca (DMS) y materia orgánica (DMO) de tres materias primas (harina de alfalfa, afrecho de cebada y cascarilla de cacao) en cuyes en crecimiento, en tanto que se reporta la falta de información relevante para su inclusión en la formulación de raciones balanceadas completas para cuyes a partir de estas materias primas, para optimizar la producción de carne de cuyes. Se utilizaron 28 cuyes entre machos y hembras de 30 días de edad distribuidas en jaulas individuales, realizándose las pruebas de digestibilidad en el Bioterio de nutrición animal de la Escuela de Zootecnia de UNSAAC, con 10 días de adaptación y cinco días de evaluación, con dietas peletizadas formuladas en contenidos de nutrientes, en base a las materias primas. La composición química de las materias primas y heces fueron analizadas en el laboratorio de nutrición animal. La data generada fue analizada con estadística descriptiva e inferencial. Los resultados obtenidos fueron, análisis químico, DMS Y DMO, generando información parcial para la inclusión en la formulación de raciones balanceadas para cuyes en crecimiento.

Tabla 5. Composición bromatológica del afrecho de cebada por diferentes literaturas publicadas

Materia prima	Nutrientes (%)				Autores
	MS	PC	EE	CE	
Afrecho de cebada	88.75	13.60	2.66	9.79	Torres <i>et al.</i> (2010)
Afrecho de cebada	89.80	10.59	3.52	7.20	Cárdenas (2014)
Afrecho de cebada	88.30	5.00	1.50	4.00	Alagón <i>et al.</i> (2022)

Leyenda: MS: materia seca; PC: proteína cruda; EE: extracto etéreo; CE: ceniza

Tabla 6. Composición bromatológica de la harina de alfalfa por diferentes literaturas publicadas

Materia prima	Nutrientes (%)				Autores
	MS	PC	EE	CE	
Harina de alfalfa	91.83	18.20	2.80	9.20	Salcedo (2017)
Harina de alfalfa	92.20	17.80	2.60	11.40	Alagón <i>et al.</i> (2022)

Leyenda: MS: materia seca; PC: proteína cruda; EE: extracto etéreo; CE: ceniza

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El desarrollo del trabajo experimental se llevó a cabo en el Bioterio de Nutrición Animal de la Escuela Profesional de Zootecnia de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, ubicado en el distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco y región del Cusco a una altitud de 3230 msnm.

5.2. DURACIÓN DE ESTUDIO

El presente trabajo de investigación tuvo un tiempo de duración de 12 meses, que incluyó las fases de elaboración del protocolo de tesis, la formulación y preparación de dietas, el periodo de adaptación (10 días), el periodo experimental (5 días), los análisis químicos de laboratorio, el procesamiento de datos y la redacción del documento.

5.3. INSTALACIONES

5.3.1. DEL BIOTERIO

El bioterio dónde se desarrolló el trabajo experimental tiene 4.54 m de ancho, 6.02 m de largo y 3.45 m de alto, con un área de 27.33 m², donde se alojaron cómodamente 26 jaulas metabólicas de chapa galvanizada, distribuidas en dos baterías. Se cuenta con un sistema de ventilación y temperatura con control electrónico, manteniéndose una temperatura de 20 °C, humedad relativa entre 55 a 60% y con ventilación programada en tres horarios en 24 horas (a las 08:00, 12:00 y 18:00 horas) de 30 minutos cada una de manera automática.

5.4. MATERIALES Y EQUIPOS

5.4.1. DE EQUIPOS Y MATERIALES DE BIOTERIO

- Se utilizaron 21 jaulas metabólicas de un área de 0.102 m² en acero inoxidable de: 40 cm largo, 25.5 cm ancho y 25.5 cm alto. Individualmente las jaulas estaban constituidas por comederos de metal, bebederos tipo chupón, piso de malla alamburada y por debajo una bandeja para la colección de heces y orina por separado.

Figura 1. Jaula metabólica del estudio



- Bolsas de plástico (30 cm de largo y 19 cm de ancho)
- Balanza de precisión electrónica (30kg/1g y 15kg/1g)
- Congeladora de -20 °C, modelo CH40 Coldex, con capacidad de 339 litros
- Fichas de registro
- Refrigeradora Samsung Digital Inverter (5 °C y -17 °C), con capacidad de 510 litros con dispensador de hielo automático
- Molino eléctrico de laboratorio

5.4.2. DE EQUIPOS Y MATERIALES DE LABORATORIO

- Mandil, gorra, barbijo y guantes quirúrgicos
- Muestras de insumos, dietas y heces molidas
- Crisoles y envases de aluminio
- Pinzas de crisol de hierro cromado
- Desecador de vidrio con tapa, con borde de vidrio esmerilado
- Alcohol y papel toalla

- Estufa Elos Heat con circulación natural, acero inoxidable con rango de temperatura de +10 °C sobre temperatura ambiente a +220 °C
- Mufla Linn high therm VMK hasta 1200 °C, con volumen de cámara de 13.5 litros
- Balanza analítica Pioneer, LCD, de 210 x 0.0001g

5.5. MATERIAL BIOLÓGICO

5.5.1. CUYES

Se utilizaron un total de 21 cuyes experimentales en etapa de crecimiento, con una edad de 50 días, con 795 g de peso vivo promedio entre machos y hembras procedentes del mismo criadero, estos animales fueron distribuidos al azar en cada jaula y las dietas se asignaron en una distribución al azar sistemático en tres tratamientos, asignándose siete cuyes por tratamiento, como se indica en la Tabla 7.

Tabla 7. Distribución de tratamientos

Tratamientos	N° de animales
Dieta basal (Dbasal)	7
Dieta harina de alfalfa (Dbasal + Haa 50%)	7
Dieta afrecho de cebada (Dbasal + Afce 40%)	7

Leyenda: Dbasal: dieta basal; Haa: harina de alfalfa; Afce: afrecho de cebada

5.5.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS CUYES

21 cuyes conformaron el material biológico, enumerados del 1 al 21; con un código numeral y dieta acorde a la jaula metabólica correspondiente para su apropiado control y también registro.

5.6. MATERIAS PRIMAS EVALUADAS

Las materias primas evaluadas fueron; harina de alfalfa y afrecho de cebada, asignándose 50% y 40% a la dieta basal, respectivamente.

5.6.1. INSUMOS DE LA DIETA BASAL

Las materias primas, suplementos y aditivos para la elaboración de la dieta basal fueron: harina de cebada, harina de leucaena, torta de soya, afrecho de trigo, chala

de maíz, aceite de soja, metionina, fosfato bicálcico anhidro, cloruro sódico, bicarbonato sódico, corrector de micro elementos y vitaminas.

5.6.2. PROCEDENCIA DE LAS MATERIAS PRIMAS

La harina de alfalfa, afrecho de cebada y todos los insumos utilizados en la elaboración de las dietas experimentales se obtuvieron en el mercado local de alimentos para animales de granja en la región del Cusco.

5.7. DIETAS EXPERIMENTALES

Tabla 8. Ingredientes (% MS) de los piensos experimentales

Ingredientes	Dietas experimentales					
	Dbasal		Dhaa		Dafce	
	%	kg	%	kg	%	kg
Harina de alfalfa	0.0	0.0	50.00	5.000	0.0	0.0
Afrecho de cebada	0.0	0.0	0.0	0.000	40.00	4.000
Harina de cebada	25.73	2.573	12.40	1.240	15.06	1.506
Afrecho de trigo	17.29	1.728	8.33	0.833	10.12	1.012
Torta de soya 46	26.38	2.638	12.71	1.271	15.45	1.545
Harina de leucaena	15.00	1.500	7.23	0.723	8.78	0.878
Chala de maíz	9.03	0.902	4.35	0.435	5.28	0.528
Aceite de Soja	3.00	0.300	1.45	0.145	1.76	0.176
DL metionina	0.08	0.008	0.04	0.004	0.05	0.005
Fosfato bicálcico anhidro	2.50	0.250	2.50	0.250	2.50	0.250
Cloruro sódico	0.30	0.030	0.30	0.030	0.30	0.030
Bicarbonato sódico	0.20	0.020	0.20	0.020	0.20	0.020
Corrector oligo vita	0.50	0.050	0.50	0.050	0.50	0.050
Total dieta	100.0	10.00	100.0	10.00	100.0	10.00

Leyenda: Dbasal: dieta basal; Dhaa: dieta harina de alfalfa; Dafce: dieta afrecho de cebada

5.7.1. PREPARACIÓN Y MEZCLA DEL ALIMENTO

La preparación fue de 10 kg de alimento peletizado para cada tratamiento. Asimismo, las mezclas de las materias primas se realizaron manualmente por separado para evitar contaminación de las dietas. Se adicionó vitamina C a una concentración de 4 g por 10 kg de alimento en cada una de las dietas.

5.7.2. PROCESO DE PELETIZACIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES

Las dietas experimentales se elaboraron en la unidad de alimentación animal de la Escuela Profesional de Zootecnia. El proceso del peletizado de las dietas para la alimentación de los cuyes se realizó en una peletizadora mecánica, con dos rodillos, con gránulos de 0.75 x 0.25 cm de acuerdo a las necesidades y objetivos del estudio, teniendo cuidado en el tamaño y dureza de los gránulos.

Tabla 9. Composición química de los piensos experimentales (% MS)

Nutrientes	Dietas experimentales		
	Dbasal	Dhaa	Dafce
MS, %	87.98	89.81	85.93
PC, %	24.59	21.46	19.04
EE, %	6.48	4.69	5.18
CE, %	7.79	9.80	5.57
FC, %	25.50	26.90	27.40
ELN, %	35.64	37.15	42.81
EB, kcal/kg MS	4526	4313	4532

Leyenda: MS: materia seca; PC: proteína cruda; EE: extracto etéreo; CE: ceniza; FC: fibra cruda; ELN: extracto libre de nitrógeno; EB: energía bruta; Dbasal: dieta basal; Dhaa: dieta harina de alfalfa; Dafce: dieta afrecho de cebada

5.8. MÉTODOS

5.8.1. DIGESTIBILIDAD

La determinación de la digestibilidad se realizó a través del método de digestibilidad *in vivo*, el trabajo tuvo una duración de 15 días distribuidos en dos periodos: periodo de adaptación (10 días) y periodo experimental (cinco días).

5.8.2. PERIODO DE ADAPTACIÓN

El periodo de adaptación tuvo una duración de 10 días, para lograr que los cuyes se adapten, a la instalación y manejo, a las jaulas metabólicas, al alimento suministrado, y se ajusten a las nuevas dietas, además de evacuar el alimento consumido anteriormente.

Previa identificación individual de los cuyes, estos fueron pesados y colocados en las jaulas metabólicas correspondientes, ofreciéndose durante los cinco primeros días,

entre las 08:00 a 09:00 horas, una ración que incluía gradualmente la dieta experimental a la dieta que venían consumiendo los cuyes, hasta llegar a incluir 90% de la dieta experimental. En los siguientes cinco días de adaptación, se suministró el 100% de las dietas experimentales, verificándose un consumo de alimento en MS alrededor del 6% de su peso vivo.

5.8.3. PERIODO EXPERIMENTAL

El periodo experimental tuvo una duración de cinco días.

a. Consumo de alimento

Se estableció la siguiente metodología para el consumo *ad libitum* de alimento:

Primero, se pesó los comederos tipo tolva, luego se suministró 400 g de alimento de las dietas experimentales para los 5 días del periodo experimental. Al finalizar este periodo se cuantificó la cantidad de alimento consumido durante los 5 días. Para estimar el consumo de alimento en MS, se determinó el contenido de humedad del alimento ofrecido y rehusado, en una estufa a 100 °C por 24 horas.

El consumo de alimento en MS se estableció de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo de alimento (g MS/cuy)} = \text{alimento ofrecido (g MS/cuy)} - \text{residuo del alimento (g MS/cuy)}$$

b. Suministración de agua

El agua fue ofrecida de forma *ad libitum*, a todas las jaulas a través de bebederos tipo chupón por medio de una red de tuberías de polietileno, disponiendo en cada jaula de un bebedero tipo chupón.

c. Control de temperatura, ventilación y humedad

El Bioterio contó con un sistema de ventilación y temperatura con control electrónico. La temperatura (a 20 °C), la humedad relativa (entre 55-60%) y la ventilación fue programada en tres horarios en 24 horas (a las 08:00, 12:00 y 18:00 horas) de 30 minutos cada una de manera automática.

d. Colección y manejo de heces

Durante el periodo experimental el recojo de heces fue individual y durante cinco días, todos los días a la misma hora de la mañana (a las 08:00 horas) se colectó las heces introduciéndose en bolsas de plástico identificadas, rotuladas y inmediatamente se congelaron a -20 °C.

5.9. DETERMINACIÓN DEL PESO SECO DE LAS HECES

Primero, se realizó una limpieza total de pelos de todas las heces colectadas, posteriormente se colocó en bandejas para la determinación del peso seco de las heces en un horno a 65 °C durante 48 horas hasta que se logre un peso constante la que se considera como el total de heces producidas por cada cuy durante el periodo experimental.

5.10. PROCESO DE MOLIENDA Y PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS EN BASE SECA

Una vez determinada el peso seco de las heces, se realizó la molienda de los insumos, dietas y heces en un molino eléctrico, y la preparación de las muestras para el análisis químico, donde los contenidos de la molienda se colocaron en frascos de plástica de 100 ml, debidamente identificados y rotulados correspondiente a cada insumo, dieta, cuy evaluado.

5.11. ANÁLISIS QUÍMICO DE LABORATORIO DE MATERIAS PRIMAS, DIETAS Y HECES

Las materias primas: harina de alfalfa, afrecho de cebada; dietas experimentales: dieta basal, dieta harina de alfalfa, dieta afrecho de cebada y heces molidas de los cuyes evaluadas, fueron analizadas en la Facultad de Ciencias Químicas, Físicas y Matemáticas, en la unidad de prestación de servicios de análisis químico, perteneciente al departamento académico de química de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, siguiendo los métodos de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2002) para determinar su contenido en materia seca (MS, 964.22), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC, 955.04), extracto etéreo (EE,

920.39), ceniza (CE, 942.05), fibra cruda (FC, 962.09) y extracto libre de nitrógeno (ELN).

Por otra parte, el contenido de energía bruta (EB) de las materias primas, dietas y heces se analizaron en el laboratorio bromatológico del Instituto de Ciencia y Tecnología Animal de la Universidad Politécnica de Valencia, España; mediante calorimetría de bomba calorimétrica y, asimismo, siguiendo los métodos de la AOAC (2002) fueron analizadas la proteína cruda, materia seca y ceniza. Esta información analítica será clave para la formulación de piensos experimentales de pruebas de digestibilidad en otros trabajos de investigación y para la posterior construcción de las tablas de composición y valor nutritivo de alimentos para el cuy.

5.12. DETERMINACIÓN DE LAS DIGESTIBILIDADES

La determinación de las digestibilidades de la 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) de cada una de las dietas se calculó por diferencia entre las cantidades de nutriente ingerida (I) y la de nutriente excretada con las heces (E), se expresó acorde a la siguiente expresión:

$$DA\% = \frac{(I-E)}{I} \times 100; \text{ Dónde:}$$

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 (%)

La digestibilidad aparente de la 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) de las tres dietas experimentales se calcularon por la fórmula señalada. Para estimar las digestibilidades de la MS, MO, PC, EE, FC, CE, ELN y EB de las materias primas, harina de alfalfa y afrecho de cebada se calcularon de acuerdo al método de sustitución (Villamide *et al.*, 2001), basada en el principio de aditividad de las materias primas incluidas en las dietas. Como ejemplo, la expresión matemática para el caso de la MS del afrecho de cebada (siendo la misma para estimar la MO, PC, EE, FC, CE, ELN y EB) fue la siguiente:

$$DMS_{mpx} = (MS_{D2} - (MS_{D1} \times 0.60)) / 0.40$$

DMS_{mpx} = Materia seca digestible de la materia prima "x"

DMS_{D2} = Materia seca digestible de la dieta D2

DMS_{D1} = Materia seca digestible de la dieta basal D1

5.13. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los coeficientes de digestibilidad de la MS, MO, PC, EE, FC, CE, ELN y EB de las materias primas, así como el consumo y la digestibilidad de la MS, MO, PC, EE, FC, CE, ELN y EB de las dietas experimentales obtenidos en el ensayo de digestibilidad fueron analizados estadísticamente mediante un diseño completamente al azar, utilizando el procedimiento modelo lineal generalizado GLM, para lo cual se hizo el uso del programa (Statistical Analysis System [SAS], 2016).

El método matemático utilizado fue:

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

Dónde:

Y_{ij} : Es el registro del valor de CD de la nutriente o ingestión

μ : Media general de las observaciones

P_i : Efecto fijo de la i-ésima dieta o materia prima (D1, D2 Y D3)

e_{ij} : Error aleatorio

5.14. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los cálculos de los resultados del trabajo de investigación se realizaron mediante estadística descriptiva determinando la media, porcentajes, máximo y mínimo, rango y desviación estándar.

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

VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA HARINA DE ALFALFA Y DEL AFRECHO DE CEBADA

Los resultados de la composición química de la harina de alfalfa y afrecho de cebada, se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10. Composición química de las materias primas en estudio (%)

Nutrientes, %	Materias primas	
	Afrecho de cebada	Harina de alfalfa
MS	91.32	91.04
MO	87.46	80.59
PC	7.34	19.38
EE	3.32	4.29
CE	3.86	10.45
FC	32.90	28.40
ELN	52.58	37.48
EB, kcal/kg MS	4442	4172

Leyenda: 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.

6.1.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AFRECHO DE CEBADA

De acuerdo a los resultados de los análisis químicos realizados en el presente estudio (ver Tabla 10), su principal componente del afrecho de cebada fue la fibra cruda 32.90%, mientras que el contenido de MS fue 91.32%, mayor a los valores de 88.75, 89.80 y 88.30% de MS reportados por (Torres *et al.*, 2010; Cárdenas, 2014; Alagón *et al.*, 2022), respectivamente (ver Tabla 5). Asimismo, el contenido de la PC fue 7.34%, menor a los valores reportados por Torres *et al.* (2010) y Cárdenas (2014) quienes obtuvieron 13.60 y 10.59% de PC, respectivamente; y similar al valor reportado por Alagón *et al.* (2022) quien obtuvo 5% de PC (ver Tabla 5). Por otro lado, el contenido de EE del afrecho de cebada fue 3.32%, mayor al valor reportado por Alagón *et al.* (2022) quien obtuvo 1.5% de EE y similar a los valores reportados por Cárdenas (2014) y Torres *et al.* (2010) quienes obtuvieron 3.52 y 2.66% de EE, respectivamente (ver Tabla 5). Asimismo, el análisis bromatológico desarrollado para el afrecho de cebada demuestra que el contenido de CE fue 3.86%, menor a los valores reportados por Torres *et al.* (2010) y Cárdenas (2014) quienes obtuvieron 9.79

y 7.20% de CE, respectivamente; y similar al valor reportado por Alagón *et al.* (2022) quien obtuvo 4% de CE (ver Tabla 5), mientras que el contenido del ELN fue 52.58% y de la EB fue 4442 kcal/kg MS (ver Tabla 10). La mayor parte de la fibra está constituida por β -glucanos y pentosanas en proporciones muy variables, estos compuestos son parcialmente solubles en agua, e incrementan la viscosidad del tracto digestivo lo que implica reducción del consumo y absorción disminuida de otros nutrientes (De Blas *et al.*, 2010).

La industria molinera del grano de cebada procesa la obtención del morón que en la región andina está destinado a la alimentación humana y como subproducto se obtiene el afrecho de cebada destinado a la alimentación animal, cuya composición química es variable y depende del tipo y variedad de cebada, condiciones de cultivo, grado de madurez y sobre todo por el sistema de fabricación que condiciona la tasa de extracción del morón, y por tanto, la proporción de almidón y fibra que queda en el salvado (Alagón *et al.*, 2022), el afrecho representa aproximadamente entre el 10 a 12% de peso del grano está formado por proporciones variables de tegumentos, germen capa de aleurona y endospermo harinoso (De Blas *et al.*, 2010).

6.1.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA HARINA DE ALFALFA

En el estudio, con respecto a la composición química de la harina de alfalfa (ver Tabla 10), se reporta un contenido de materia seca de 91.04%, similar a los descritos por Alagón *et al.* (2022) y Salcedo (2017) quienes obtuvieron 92.20 y 91.83% de MS, respectivamente (ver Tabla 6). El contenido de PC fue 19.38%, similar a los valores reportados por Salcedo (2017) y Alagón *et al.* (2022) quienes obtuvieron 18.20 y 17.80% de PC, respectivamente (ver Tabla 6). Asimismo, el análisis químico desarrollado para la harina de alfalfa demuestra que el contenido de EE fue de 4.29%, superior a los valores reportados por Salcedo (2017) y Alagón *et al.* (2022) quienes obtuvieron 2.80 y 2.60% de EE, respectivamente (ver Tabla 6). Además, el contenido de ceniza fue 10.45%, valor reportado concuerda con la literatura publicada por Alagón *et al.* (2022) y Salcedo (2017) quienes obtuvieron 11.40 y 9.20% de CE, respectivamente (ver Tabla 6); asimismo en el estudio la FC, ELN y la EB fue 28.40%, 37.48% y 4172 kcal/kg MS, respectivamente (ver Tabla 10).

La harina de alfalfa proviene del heno de alfalfa molido, por tanto, su composición química varía debido al mismo proceso de obtención del heno, la variedad, la edad de la planta, así como la adulteración con otros ingredientes (Alagón *et al.*, 2022).

6.2. DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LAS DIETAS Y MATERIAS PRIMAS

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

En la Tabla 11, se presenta los resultados de consumo (g MS/día/cuy) en gramos de MS por día, por cuy y los coeficientes de digestibilidad aparente (%) de la MS, MO, PC, EE, CE, FC, ELN y EB de las dietas experimentales.

Tabla 11. Ingestión (g MS/día), coeficientes de digestibilidad aparente (DA %) de las dietas

Ingestión y digestibilidad aparente	Dietas experimentales				
	Dbasal	Dhaa	Dafce	CV	P-valor
Consumo (g MS/d)	47 ^b ± 4.90	60 ^a ± 5.55	60 ^a ± 11.01	13.74	0.0063
DMS, %	75.23 ^a ± 1.21	68.29 ^b ± 1.90	62.26 ^c ± 1.69	2.37	0.0001
DMO, %	76.44 ^a ± 1.19	68.94 ^b ± 1.87	62.68 ^c ± 1.63	2.29	0.0001
DPC, %	77.52 ^a ± 1.68	74.25 ^b ± 1.31	77.21 ^a ± 3.43	3.05	0.0322
DEE, %	77.64 ^a ± 1.89	58.00 ^c ± 2.20	71.33 ^b ± 3.27	3.66	0.0001
DCE, %	55.18 ^b ± 3.89	60.69 ^a ± 3.25	53.85 ^b ± 6.19	8.16	0.0293
DFC, %	72.08 ^a ± 1.83	63.30 ^b ± 3.84	51.02 ^c ± 3.92	5.38	0.0001
DELN, %	79.85 ^a ± 1.61	71.75 ^b ± 3.30	62.81 ^c ± 1.67	3.26	0.0001
DEB, %	75.30 ^a ± 1.21	67.28 ^b ± 1.87	62.55 ^c ± 1.44	2.24	0.0001

Leyenda: g MS/d: gramos materia seca por día; DMS: digestibilidad de la materia seca; DMO: digestibilidad de la materia orgánica; DPC: digestibilidad de la proteína cruda; DEE: digestibilidad del extracto etéreo; DCE: digestibilidad de la ceniza; DFC: digestibilidad de la fibra cruda; DELN: digestibilidad del extracto libre de nitrógeno; DEB: digestibilidad de la energía bruta; Dbasal: dieta basal; Dhaa: dieta harina de alfalfa; Dafce: dieta afrecho de cebada; ^{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.

Las diferencias en la ingestión de las dietas experimentales fueron significativas (P<0.0063) (ver Anexo 13), reportando las dietas que incluyen harina de alfalfa (Dhaa) 60 ± 5.55 g MS/día/cuy, y afrecho de cebada (Dafce) consumos de 60 ± 11.01 g MS/día/cuy, sin diferencias estadísticas (P>0.05) entre ellas, y superiores (P<0.05) en

13 g de MS cada uno comparado con el consumo registrado en la dieta basal (Dbasal) 47 ± 4.90 g MS/día/cuy (ver Tabla 11). En ese sentido, la inclusión de la harina de alfalfa (50%) y el afrecho de cebada (40%) en la dieta basal mejoró el consumo de la MS, la misma que podría deberse al mayor contenido de energía digestible en la dieta basal comparado con las dietas de harina de alfalfa y de afrecho de cebada que presentan menores contenidos de energía digestible (ver Anexo 35). Según Van Soest (1982) el consumo es un indicador que está profundamente vinculado con la calidad de los insumos afectando la digestibilidad de los nutrientes, mientras que un consumo bajo reduce la velocidad de paso en el tubo digestivo y aumenta el tiempo de permanencia de la digesta en diferentes partes del tubo y por lo tanto las posibilidades de digestión, absorción, y digestibilidad de los nutrientes. Por consiguiente, las diferencias en los coeficientes de digestibilidad descritos se relacionan fundamentalmente con las diferencias en el valor nutricional de las materias primas evaluadas.

La digestibilidad de la materia seca (DMS) de las dietas experimentales en sus coeficientes fueron significativamente diferentes ($P < 0.0001$) (ver Anexo 14), reportándose coeficientes de digestibilidad de la MS (CDMS) de 75.23 ± 1.21 , 68.29 ± 1.90 y $62.26 \pm 1.69\%$, para la dieta basal, dieta harina de alfalfa y dieta afrecho de cebada, respectivamente (ver Tabla 11). La inclusión de la harina de alfalfa (50%) y el afrecho de cebada (40%) en la dieta basal, tuvo efectos negativos ($P < 0.05$) sobre la digestibilidad de la MS, disminuyendo en 6.94 y 12.97%, respectivamente, comparado con la dieta basal; la misma que podría deberse al menor contenido de fibra cruda presente en la dieta basal comparado con las dietas de harina de alfalfa y de afrecho de cebada que presentan mayores contenidos de fibra cruda (ver Tabla 9), esto es corroborado por Mc Donald *et al.* (2006) quienes mencionan que la digestibilidad de los alimentos guardan estrecha relación con la composición química, la fracción fibra de los alimentos es la que más afecta la digestibilidad, siendo importante la cantidad de la fibra.

La digestibilidad de la materia orgánica (DMO) de las dietas experimentales en sus coeficientes fueron significativamente diferentes ($P < 0.0001$) (ver Anexo 16), reportándose coeficientes de digestibilidad de la MO (CDMO) de 76.44 ± 1.19 , 68.94 ± 1.87 , $62.68 \pm 1.63\%$, para la dieta basal, dieta harina de alfalfa y dieta afrecho de

cebada, respectivamente (ver Tabla 11). La inclusión de la harina de alfalfa (50%) y el afrecho de cebada (40%) en la dieta basal, tuvo efectos negativos ($P < 0.05$) sobre la digestibilidad de la MO, disminuyendo en 7.5% y 13.76%, respectivamente, comparado con la dieta basal; la misma que podría deberse al menor contenido de fibra cruda presente en la dieta basal comparado con las dietas de harina de alfalfa y de afrecho de cebada que presentan mayores contenidos de fibra cruda (ver Tabla 9). Según Aliaga (2009) la digestibilidad de la materia seca y materia orgánica se encuentran relacionadas al contenido de fibra de la dieta, a un mayor contenido de fibra, la digestibilidad tiende a disminuir, debido que la fibra aumenta la velocidad de tránsito del contenido intestinal ocasionando disminución de la absorción de nutrientes.

La digestibilidad de la proteína cruda (DPC) de las dietas experimentales en sus coeficientes fueron significativamente diferentes ($P < 0.0322$) (ver Anexo 18), reportándose las dietas de basal con $77.52 \pm 1.68\%$ y afrecho de cebada con $77.21 \pm 3.43\%$ sin diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre ellas, y superiores ($P < 0.05$) en 3.27% y 2.96% comparado con la dieta harina de alfalfa con $74.25 \pm 1.31\%$, respectivamente. La inclusión de la harina de alfalfa (50%) en la dieta basal, tuvo efectos negativos ($P < 0.05$) sobre la digestibilidad de la PC, comparado con las dietas de basal y afrecho de cebada; la misma que podría deberse al contenido de proteína de las dietas (ver Tabla 9).

La digestibilidad del extracto etéreo (DEE) de las dietas experimentales en sus coeficientes fueron significativamente diferentes ($P < 0.0001$) (ver Anexo 20), reportándose coeficientes de digestibilidad de EE (CDEE) de 77.64 ± 1.89 , 71.33 ± 3.27 , $58.00 \pm 2.20\%$, para la dieta basal, dieta afrecho de cebada y dieta harina de alfalfa, respectivamente (ver Tabla 11). La inclusión del afrecho de cebada (40%) y la harina de alfalfa (50%) en la dieta basal, tuvo efectos negativos ($P < 0.05$) sobre la digestibilidad del EE, disminuyendo en 6.31% y 19.64%, respectivamente, comparado con la dieta basal; la misma que podría deberse al mayor contenido de extracto etéreo presente en la dieta basal comparado con las dietas de afrecho de cebada y de harina de alfalfa que presentan menores contenidos de extracto etéreo (ver Tabla 9), pues al tener mayor contenido de extracto etéreo puede ser aprovechado fácilmente por el animal comparado con otras dietas de menor contenido de extracto etéreo.

La digestibilidad de la ceniza (DCE) de las dietas experimentales en sus coeficientes fueron significativamente diferentes ($P < 0.0293$) (ver Anexo 22), reportándose coeficientes de digestibilidad de CE (CDCE) de 60.69 ± 3.25 , 55.18 ± 3.89 y $53.85 \pm 6.19\%$, para la dieta harina de alfalfa, dieta basal y dieta afrecho de cebada, respectivamente; estas últimas con similares digestibilidades ($P > 0.05$) (ver Tabla 11), el CD de la CE de la dieta harina de alfalfa fue superior ($P < 0.05$) en 5.51% y 6.84% comparado con las dietas de basal y de afrecho de cebada, respectivamente. La inclusión de la harina de alfalfa (50%) en la dieta basal mejoró la digestibilidad de la ceniza comparado con las dietas de basal y de afrecho de cebada, la misma que podría deberse al mayor contenido de ceniza presente en la dieta harina de alfalfa comparado con las dietas de basal y de afrecho de cebada que presentan menores contenidos de ceniza (ver Tabla 9).

La digestibilidad de la fibra cruda (DFC) de las dietas experimentales en sus coeficientes fueron significativamente diferentes ($P < 0.0001$) (ver Anexo 24), reportándose coeficientes de digestibilidad de la FC (CDFC) de 72.08 ± 1.83 , 63.30 ± 3.84 , $51.02 \pm 3.92\%$, para la dieta basal, dieta harina de alfalfa y dieta afrecho de cebada, respectivamente (ver Tabla 11). La inclusión de la harina de alfalfa (50%) y el afrecho de cebada (40%) en la dieta basal, tuvo efectos negativos ($P < 0.05$) sobre la digestibilidad de la FC, disminuyendo en 8.78% y 21.06% , respectivamente, comparado con la dieta basal; la misma que podría deberse al menor contenido de fibra cruda presente en la dieta basal comparado con las dietas de harina de alfalfa y de afrecho de cebada que presentan mayores contenidos de fibra cruda (ver Tabla 9), la menor digestibilidad puede atribuirse a la mayor presencia de fibra cruda en sus composiciones lo que resulta en una menor degradación de fibra por parte de la flora bacteriana del cuy.

La digestibilidad del extracto libre de nitrógeno (DELN) de las dietas experimentales en sus coeficientes fueron significativamente diferentes ($P < 0.0001$) (ver Anexo 26), reportándose coeficientes de digestibilidad del ELN (CDELN) de 79.85 ± 1.61 , 71.75 ± 3.30 , $62.81 \pm 1.67\%$, para la dieta basal, dieta harina de alfalfa y dieta afrecho de cebada, respectivamente (ver Tabla 11). La inclusión de la harina de alfalfa (50%) y el afrecho de cebada (40%) en la dieta basal, tuvo efectos negativos ($P < 0.05$) sobre la digestibilidad del ELN, disminuyendo en 8.10% y 17.04% , respectivamente;

comparado con la dieta basal, la misma que podría deberse al menor contenido del ELN presente en la dieta basal comparado con las dietas de harina de alfalfa y de afrecho de cebada que presentan mayores contenidos de ELN (ver Tabla 9).

La digestibilidad de la energía bruta (DEB) de las dietas experimentales en sus coeficientes fueron significativamente diferentes ($P < 0.0001$) (ver Anexo 28), reportándose coeficientes de digestibilidad de la energía bruta (CDEB) de 75.30 ± 1.21 , 67.28 ± 1.87 , $62.55 \pm 1.44\%$, para la dieta basal, dieta harina de alfalfa y dieta afrecho de cebada, respectivamente (ver Tabla 11). La inclusión de la harina de alfalfa (50%) y el afrecho de cebada (40%) en la dieta basal, tuvo efectos negativos ($P < 0.05$) sobre la digestibilidad de la energía bruta, disminuyendo en 8.02% y 12.75%, respectivamente; comparado con la dieta basal.

6.2.2. DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LAS MATERIAS PRIMAS

En la Tabla 12, se presenta los resultados de los coeficientes de digestibilidad aparente (%) de la MS, MO, PC, EE, CE, FC, ELN y EB de las materias primas.

Tabla 12. Coeficiente de digestibilidad aparente (DA %) de las materias primas

Digestibilidad aparente, %	Materias primas			
	Haa	Afce	CV	P-valor
DMS	$61.35^a \pm 3.80$	$42.82^b \pm 4.22$	7.71	0.0001
DMO	$61.43^a \pm 3.75$	$42.04^b \pm 4.08$	7.57	0.0001
DPC	$70.99^a \pm 2.62$	$76.74^a \pm 8.56$	8.57	0.1152
DEE	$38.35^b \pm 4.40$	$61.87^a \pm 8.18$	13.11	0.0001
DCE	$66.21^a \pm 6.51$	$51.86^b \pm 15.47$	20.10	0.0430
DFC	$54.52^a \pm 7.68$	$19.45^b \pm 9.80$	23.80	0.0001
DELN	$63.66^a \pm 6.61$	$37.24^b \pm 4.17$	10.77	0.0051
DEB	$59.27^a \pm 3.74$	$43.43^b \pm 3.61$	7.15	0.0001

Leyenda: DMS: digestibilidad de la materia seca; DMO: digestibilidad de la materia orgánica; DPC: digestibilidad de la proteína cruda; DEE: digestibilidad del extracto etéreo; DCE: digestibilidad de la ceniza; DFC: digestibilidad de la fibra cruda; DELN: digestibilidad del extracto libre de nitrógeno; DEB: digestibilidad de la energía bruta; Haa: harina de alfalfa; Afce: afrecho de cebada; ^{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.

La digestibilidad de la materia seca (DMS) de las materias primas evaluadas en sus coeficientes fueron significativamente diferentes ($P < 0.0001$) (ver Anexo 15), el

coeficiente de digestibilidad de la MS de la harina de alfalfa con $61.35 \pm 3.80\%$ fue superior ($P < 0.05$) en 18.53% comparado con el afrecho de cebada con $42.82 \pm 4.22\%$, los datos se muestran en la Tabla 12, la misma que podría deberse al menor contenido de fibra cruda presente en la harina de alfalfa comparado con el afrecho de cebada que presenta un mayor contenido de fibra cruda (ver Tabla 10). Además, los resultados obtenidos en el trabajo de investigación fueron diferentes a los reportados por Salcedo (2017) quien reporto 76.56% de DMS para la harina de alfalfa, Castro y Chirinos (2021) quienes reportaron 59.00% de DMS para el heno de alfalfa y Sakaguchi *et al.* (1997) quienes reportaron 69.9% de DMS para el heno de alfalfa.

La digestibilidad de la materia orgánica (DMO) de las materias primas evaluadas en sus coeficientes fueron significativamente diferentes ($P < 0.0001$) (ver Anexo 17), el coeficiente de digestibilidad de la MO de la harina de alfalfa con $61.43 \pm 3.75\%$ fue superior ($P < 0.05$) en 19.39% comparado con el afrecho de cebada con $42.04 \pm 4.08\%$, los datos se muestran en la Tabla 12, la misma que podría deberse al menor contenido de fibra cruda presente en la harina de alfalfa comparado con el afrecho de cebada que presenta un mayor contenido de fibra cruda (ver Tabla 10). Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación fueron diferentes a los reportados por Castro y Chirinos (2021) quienes reportaron 53.78% de DMO para el heno de alfalfa.

La digestibilidad de la proteína cruda (DPC) de las materias primas evaluadas en sus coeficientes no fueron significativamente diferentes ($P > 0.1152$) (ver Anexo 19), el coeficiente de digestibilidad de la PC del afrecho de cebada con $76.74 \pm 8.56\%$ fue similar estadísticamente comparado con la harina de alfalfa con $70.99 \pm 2.62\%$, los datos se muestran en la Tabla 12. Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación fueron diferentes a los reportados por Castro y Chirinos (2021) quienes reportaron 22.40% de DPC para el heno de alfalfa y Sakaguchi *et al.* (1997) quienes reportaron 78.7% de DPC para el heno de alfalfa.

La digestibilidad del extracto etéreo (DEE) de las materias primas evaluadas en sus coeficientes fueron significativamente diferentes ($P < 0.0001$) (ver Anexo 21), el coeficiente de digestibilidad del EE del afrecho de cebada con $61.87 \pm 8.18\%$ fue superior ($P < 0.05$) en 23.52% comparado con la harina de alfalfa con $38.35 \pm 4.40\%$, los datos se muestran en la Tabla 12, la misma que podría deberse al menor contenido de extracto etéreo presente en el afrecho de cebada comparado con la

harina de alfalfa que presenta un mayor contenido de extracto etéreo (ver Tabla 10). Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación fueron diferentes a los reportados por Castro y Chirinos (2021) quienes reportaron 40.70% de digestibilidad de extracto etéreo para el heno de alfalfa.

La digestibilidad de la ceniza (DCE) de las materias primas evaluadas en sus coeficientes fueron significativamente diferentes ($P < 0.0430$) (ver Anexo 23), el coeficiente de digestibilidad de la CE de la harina de alfalfa con $66.21 \pm 6.51\%$ fue superior ($P < 0.05$) en 14.35% comparado con el afrecho de cebada con $51.86 \pm 15.47\%$, los datos se muestran en la Tabla 12, la misma que podría deberse al mayor contenido de ceniza presente en la harina de alfalfa comparado con el afrecho de cebada que presenta un menor contenido de ceniza (ver Tabla 10).

La digestibilidad de la fibra cruda (DFC) de las materias primas evaluadas en sus coeficientes fueron significativamente diferentes ($P < 0.0001$) (ver Anexo 25), el coeficiente de digestibilidad de la FC de la harina de alfalfa con $54.52 \pm 7.68\%$ fue superior ($P < 0.05$) en 35.07% comparado con el afrecho de cebada con $19.45 \pm 9.80\%$, los datos se muestran en la Tabla 12, la misma que podría deberse al menor contenido de fibra cruda presente en la harina de alfalfa comparado con el afrecho de cebada que presenta un mayor contenido de fibra cruda (ver Tabla 10). Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación fueron diferentes a los reportados por Castro y Chirinos (2021) quienes reportaron 78.9% de digestibilidad de fibra cruda para el heno de alfalfa.

La digestibilidad del extracto libre de nitrógeno (DELN) de las materias primas evaluadas en sus coeficientes fueron significativamente diferentes ($P < 0.0051$) (ver Anexo 27), el coeficiente de digestibilidad del ELN de la harina de alfalfa con $63.66 \pm 6.61\%$ fue superior ($P < 0.05$) en 26.42% comparado con el afrecho de cebada con $37.24 \pm 4.17\%$, los datos se muestran en la Tabla 12, la misma que podría deberse al menor contenido de ELN presente en la harina de alfalfa comparado con el afrecho de cebada que presenta un mayor contenido de ELN (ver Tabla 10). Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación fueron diferentes a los reportados por Castro y Chirinos (2021) quienes reportaron 56.80% de digestibilidad de ELN para el heno de alfalfa.

La digestibilidad de la energía bruta (DEB) de las materias primas evaluadas en sus coeficientes fueron significativamente diferentes ($P < 0.0001$) (ver Anexo 29), el coeficiente de digestibilidad de la energía bruta de la harina de alfalfa con $59.27 \pm 3.74\%$ fue superior ($P < 0.05$) en 15.84% comparado con el afrecho de cebada con $43.43 \pm 3.61\%$, los datos se muestran en la Tabla 12.

6.2.3. VALORES NUTRITIVOS DE PCD, EED, CED, FCD, ELND (%), ED (kcal/kg MS) DE LAS MATERIAS PRIMAS EN ESTUDIO

Los valores nutritivos de la proteína cruda digestible (PCD), extracto etéreo digestible (EED), ceniza digestible (CED), fibra cruda digestible (FCD), extracto libre de nitrógeno digestible (ELND), energía digestible (ED) de las materias primas en estudio, se presentan en la Tabla 13.

Tabla 13. Valores nutritivos de PCD, EED, CED, FCD, ELND (%), ED (kcal/kg MS) de las materias primas

Valores nutritivos	Materias primas			
	Haa	Afce	CV	P-valor
PCD, %	$13.76^a \pm 0.51$	$5.63^b \pm 0.63$	5.89	0.0001
EED, %	$1.65^b \pm 0.19$	$2.05^a \pm 0.27$	12.65	0.0067
CED, %	$6.92^a \pm 0.68$	$2.00^b \pm 0.60$	14.35	0.0001
FCD, %	$15.48^a \pm 2.18$	$6.40^b \pm 3.22$	25.16	0.0001
ELND, %	$23.86^a \pm 2.48$	$19.58^b \pm 2.19$	10.77	0.0051
ED, kcal/kg MS	$2473^a \pm 155.85$	$1929^b \pm 160.18$	7.18	0.0001

Leyenda: PCD: proteína cruda digestible; EED: extracto etéreo digestible; CED: ceniza digestible; FCD: fibra cruda digestible; ELND: extracto libre de nitrógeno digestible; ED: energía digestible; Haa: harina de alfalfa; Afce: afrecho de cebada; ^{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.

La proteína cruda digestible (PCD) de las materias primas evaluadas fueron significativamente diferentes ($P < 0.0001$) (ver Anexo 30), la PCD de la harina de alfalfa con 138 g de proteína cruda (PCD) por kg MS fue superior en 82 unidades comparado con el afrecho de cebada con 56 g de proteína (PCD) por kg MS, los datos se muestran en la Tabla 13, la misma que podría deberse al mayor contenido de PC presente en la harina de alfalfa comparado con el afrecho de cebada que presenta un menor contenido de PC (ver Tabla 10). Los resultados obtenidos en el trabajo de

investigación fueron diferentes al reportado por Castro y Chirinos (2021) quienes reportaron 3.76% de PCD para el heno de alfalfa.

El extracto etéreo digestible (EED) de las materias primas evaluadas fueron significativamente diferentes ($P < 0.0067$) (ver Anexo 31), el EED del afrecho de cebada con 21 g de (EED) por kg de MS fue superior en 4 unidades comparado con la harina de alfalfa con 17 g de (EED) por kg de MS, los datos se muestran en la Tabla 13, la misma que podría deberse al menor contenido de EE presente en el afrecho de cebada comparado con la harina de alfalfa que presenta un mayor contenido de EE (ver Tabla 10). Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación fueron diferentes a los reportados por Castro y Chirinos (2021) quienes reportaron 0.92% de EED para el heno de alfalfa.

La ceniza digestible (CED) de las materias primas evaluadas fueron significativamente diferentes ($P < 0.0001$) (ver Anexo 32), la CED de la harina de alfalfa con 69 g de (CED) por kg de MS fue superior en 49 unidades comparado con el afrecho de cebada con 20 g de (CED) por kg de MS, los datos se muestran en la Tabla 13, la misma que podría deberse al mayor contenido de CE presente en la harina de alfalfa comparado con el afrecho de cebada que presenta un menor contenido de CE (ver Tabla 10).

La fibra cruda digestible (FCD) de las materias primas evaluadas fueron significativamente diferentes ($P < 0.0001$) (ver Anexo 33), la FCD de la harina de alfalfa con 155 g de (FCD) por kg de MS fue superior en 91 unidades comparado con el afrecho de cebada con 64 g de (FCD) por kg de MS, los datos se muestran en la Tabla 13, la misma que podría deberse al menor contenido de fibra cruda presente en la harina de alfalfa comparado con el afrecho de cebada que presenta un mayor contenido de fibra cruda (ver Tabla 10). Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación fueron diferentes a los reportados por Castro y Chirinos (2021) quienes reportaron 23.88% de FCD para el heno de alfalfa.

El extracto libre de nitrógeno digestible (ELND) de las materias primas evaluadas fueron significativamente diferentes ($P < 0.0051$) (ver Anexo 34) el ELND de la harina de alfalfa con 239 g de (ELND) por kg de MS fue superior en 43 unidades comparado con el afrecho de cebada con 196 g de (ELND) por kg de MS, los datos se muestran

en la Tabla 13, la misma que podría deberse al menor contenido de ELN presente en la harina de alfalfa comparado con el afrecho de cebada que presenta un mayor contenido de ELN (ver Tabla 10).

La energía digestible (ED) de las materias primas evaluadas fueron significativamente diferentes ($P < 0.0001$) (ver Anexo 36), la ED de la harina de alfalfa con 2473 ± 155.85 kcal/kg MS fue superior comparado con la ED del afrecho de cebada con 1929 ± 160.18 kcal/kg MS, los datos se muestran en la Tabla 13, la misma que podría deberse al mayor contenido de proteína cruda y al menor contenido de fibra cruda presente en la harina de alfalfa comparado con el afrecho de cebada que presenta un menor contenido de proteína cruda y un mayor contenido de fibra cruda (ver Tabla 10). Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación fueron diferentes a los reportados por Castro y Chirinos (2021) quienes reportaron 2329 kcal/kg de ED para el heno de alfalfa.

VII. CONCLUSIONES

En función a los resultados obtenidos en el presente ensayo se puede señalar las siguientes conclusiones:

- De acuerdo a la composición química de la harina de alfalfa y del afrecho de cebada se concluye que la harina de alfalfa tiene un alto aporte de proteína cruda (19.38%) y el afrecho de cebada es un ingrediente con gran aporte de fibra cruda (32.90%).
- La harina de alfalfa fue superior en sus coeficientes de digestibilidad en materia seca, materia orgánica, fibra cruda, ceniza, extracto libre de nitrógeno y energía bruta comparado con el afrecho de cebada, por consiguiente, se concluye que la harina de alfalfa es un alimento para cuyes superior al afrecho de cebada con gran aporte de PCD (13.76%), CED (6.92%), FCD (15.48%), ELND (23.86%) y ED (2473 kcal/kg MS).

VIII. RECOMENDACIONES

En base a los resultados alcanzados y las conclusiones del presente trabajo de investigación, se plantea las siguientes recomendaciones:

- Los resultados de la composición química y los valores energéticos y proteicos del presente estudio, se pueden utilizar en la formulación de dietas para cuyes.
- Teniendo en cuenta la anatomía y la fisiología del tracto digestivo del cuy, el contenido nutricional y la digestibilidad de la harina de alfalfa y el afrecho de cebada los convierten en una excelente alternativa para la dieta de los cuyes, debido a su buena capacidad para aprovechar alimentos ricos en fibra.
- Las materias primas del estudio requieren ser sometidas a evaluaciones de otros parámetros (como el análisis de las fibras detergentes, aminoácidos, minerales) para establecer sus valores nutricionales.
- Realizar ensayos de digestibilidad y consumo voluntario de la harina de alfalfa y afrecho de cebada en otras especies.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

Aliaga, R. (2009). *Producción de cuyes* (1.^a ed.). Huncayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.

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

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.

Carhuallanqui López, E. (2021). *Determinación de la digestibilidad y energía digestible de forraje hidropónico de cebada (Hordeum vulgare) en cuyes (Cavia porcellus)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5100>

Castro-Bedriñana, J., y Chirinos-Peinado, D. (2021). Valor nutricional de algunas materias primas para la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*). *Translational Animal Science*, 5(2), 1-11. Obtenido de <https://doi.org/10.1093/tas/txab019>

Chauca Francia, L. (2020). *Manual de crianza de cuyes*. Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA, Lima, Perú. Obtenido de <https://bit.ly/3ohdxVy>

De Blas, C., Mateos, G. G., y García-Rebollar, P. (2010). *Tablas FEDNA de la composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos* (3.^a ed.). Madrid .

Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. (2019). *Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos*. Obtenido de <http://www.fundacionfedna.org/node/495>

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

McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F., y Morgan, C. A. (2006). *Nutrición animal* (6.^a ed.). Zaragoza, España: ACRIBIA, S.A.

Morales Tirado, M. A., y Morón Corimanya, J. O. (2020). *Influencia de las cenizas de afrecho de cebada y rastrojo de maíz en las propiedades del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional - Universidad César Vallejo, Lima, Perú. Obtenido de <https://bit.ly/3ZrljNo>

Sakaguchi, E., Itoh, H., Kohno, T., Ohshima, S., & Kiyoshi, M. (1997). Digestión de fibra y ganancia de peso en cuyes alimentados con dietas que contienen diferentes fuentes de fibra. *Exp. Anim*, 46(4), 297–302. Obtenido de <https://doi.org/10.1538/expanim.46.297>

Salcedo Herrera, W. A. (2017). *Evaluación de harina de sangre bovina y harina de alfalfa (*Medicago sativa*) como fuentes de proteína en el alimento balanceado para cuyes (*Cavia porcellus L.*)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Del Altiplano Puno]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/6139>

Solórzano Altamirano, J. D. (2014). *Crianza, producción y comercialización de cuyes*. Lima, Perú: Macro. Obtenido de <https://bit.ly/3yQeZTH>

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.

Toledo Vásquez, D. L. (2016). *Evaluación de la calidad proteica de la formulación de harinas de soya (*Glycyne max*), avena (*Avena sativa L.*) y trigo (*Triticum aestivum L.*)*

y su efecto sobre la recuperación de la desnutrición proteica inducida en ratas albinas (Rattus norvegicus) [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú. Obtenido de <https://bit.ly/3JgQyoH>

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

Van Soest, P. J. (1982). *Nutritional Ecology of the Ruminant* (2.^a ed.). Ithaca: Cornell University Press.

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. Obtenido 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. Obtenido 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. Control de peso de los cuyes



Anexo 5. Pesaje de peso de las dietas experimentales (Pellets) para los cuyes



Anexo 6. Colección de heces



Anexo 7. Refrigeración de las heces colectadas



Anexo 8. Determinación del peso seco de las heces



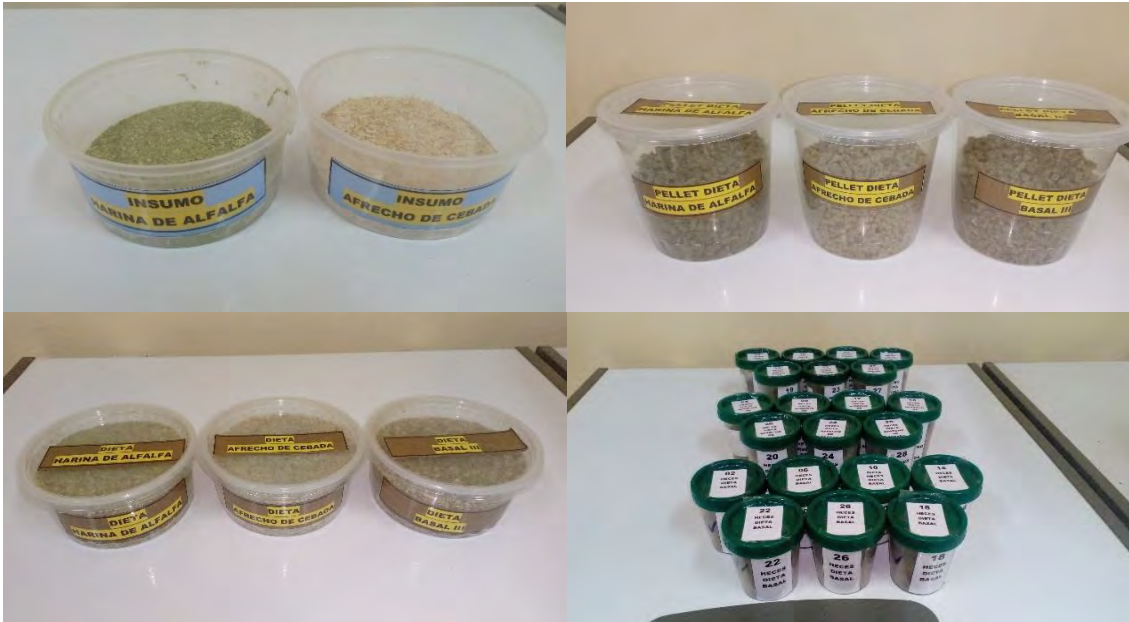
Anexo 9. Pesaje del peso seco de las heces



Anexo 10. Molienda de muestras



Anexo 11. Preparación de muestras para el laboratorio



Anexo 12. Muestras molidas de dietas experimentales, materias primas y heces para el análisis químico en el laboratorio



Anexo 13. Análisis de varianza y prueba del rango múltiple de Duncan para consumo de dietas experimentales (g MS/día/cuy)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	799.185330	399.592665	6.81	0.0063
Error	18	1055.701445	58.650080		
Total corregido	20	1854.886775			

CV: 13.74 Consumo MS: Media=55.75

Duncan Agrupamiento	Media	N	Dietas
A	60	7	Dhaa
A	60	7	Dafce
B	47	7	Dbasal

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

Anexo 14. Análisis de varianza y prueba del rango múltiple de Duncan para digestibilidad de la materia seca de las dietas (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	589.3273071	294.6636535	111.69	<.0001
Error	18	47.4893100	2.6382950		
Total corregido	20	636.8166170			

CV:2.37 DMS dietas: Media=68.59

Duncan Agrupamiento	Media	N	Dietas
A	75.2283	7	Dbasal
B	68.2864	7	Dhaa
C	62.2630	7	Dafce

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 digestibilidad de la materia seca de las materias primas (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	1201.690368	1201.690368	74.52	<.0001
Error	12	193.496029	16.124669		
Total corregido	13	1395.186396			

CV:7.71 DMS materias primas: Media=52.08

Duncan Agrupamiento	Media	N	Materias primas
A	61.345	7	Haa
B	42.815	7	Afce

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

Anexo 16. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad de la materia orgánica de las dietas (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	664.8570792	332.4285396	131.50	<.0001
Error	18	45.5027019	2.5279279		
Total corregido	20	710.3597811			

CV:2.29 DMO dietas: Media=69.35

Duncan Agrupamiento	Media	N	Dietas
A	76.4441	7	Dbasal
B	68.9382	7	Dhaa
C	62.6804	7	Dafce

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

Anexo 17. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad de la materia orgánica de las materias primas (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	1316.903209	1316.903209	85.96	<.0001
Error	12	183.844422	15.320368		
Total corregido	13	1500.747630			

CV:7.57 DMO materias primas: Media=51.73

Duncan Agrupamiento	Media	N	Materias primas
A	61.432	7	Haa
B	42.035	7	Afce

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 digestibilidad de la proteína cruda de las dietas (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	45.3674736	22.6837368	4.18	0.0322
Error	18	97.6477359	5.4248742		
Total corregido	20	143.0152094			

CV:3.05 DPC dietas: Media=76.32

Duncan Agrupamiento	Media	N	Dietas
A	77.515	7	Dbasal
A	77.206	7	Dafce
B	74.254	7	Dhaa

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 digestibilidad de la proteína cruda de las materias primas (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	115.6534811	115.6534811	2.88	0.1152
Error	12	481.1832037	40.0986003		
Total corregido	13	596.8366848			

CV:8.57 DPC materias primas: Media=73.87

Duncan Agrupamiento	Media	N	Materias primas
A	76.741	7	Afce
A	70.993	7	Haa

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 digestibilidad del extracto etéreo de las dietas (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	1408.310224	704.155112	110.39	<.0001
Error	18	114.821699	6.378983		
Total corregido	20	1523.131923			

CV:3.66 DEE dietas: Media=68.99

Duncan Agrupamiento	Media	N	Dietas
A	77.641	7	Dbasal
B	71.331	7	Dafce
C	57.997	7	Dhaa

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 digestibilidad del extracto etéreo de las materias primas (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	1935.319270	1935.319270	44.82	<.0001
Error	12	518.175804	43.181317		
Total corregido	13	2453.495074			

CV:13.11 DEE materias primas: Media=50.11

Duncan Agrupamiento	Media	N	Materias primas
A	61.866	7	Afce
B	38.352	7	Haa

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 digestibilidad de la ceniza de las dietas (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	184.3995389	92.1997695	4.32	0.0293
Error	18	384.0432585	21.3357366		
Total corregido	20	568.4427974			

CV:8.16 DCE dietas: Media=56.57

Duncan Agrupamiento	Media	N	Dietas
A	60.693	7	Dhaa
B	55.175	7	Dbasal
B	53.850	7	Dafce

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

Anexo 23. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad de la ceniza de las materias primas (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	720.549882	720.549882	5.12	0.0430
Error	12	1689.487342	140.790612		
Total corregido	13	2410.037225			

CV:20.10 DCE materias primas: Media=59.04

Duncan Agrupamiento	Media	N	Materias primas
A	66.211	7	Haa
B	51.863	7	Afce

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

Anexo 24. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad de la fibra cruda de las dietas (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	1565.369348	782.684674	70.17	<.0001
Error	18	200.780424	11.154468		
Total corregido	20	1766.149773			

CV:5.38 DFC dietas: Media=62.13

Duncan Agrupamiento	Media	N	Dietas
A	72.075	7	Dbasal
B	63.298	7	Dhaa
C	51.024	7	Dafce

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

Anexo 25. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad de la fibra cruda de las materias primas (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	4305.778758	4305.778758	55.55	<.0001
Error	12	930.074318	77.506193		
Total corregido	13	5235.853076			

CV:23.80 DFC materias primas: Media=36.98

Duncan Agrupamiento	Media	N	Materias primas
A	54.521	7	Haa
B	19.446	7	Afce

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

Anexo 26. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad del extracto libre de nitrógeno de las dietas (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	1017.401878	508.700939	93.59	<.0001
Error	18	97.838341	5.435463		
Total corregido	20	1115.240219			

CV:3.26 DELN dietas: Media=71.47

Duncan Agrupamiento	Media	N	Dietas
A	79.851	7	Dbasal
B	71.753	7	Dhaa
C	62.808	7	Dafce

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

Anexo 27. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad del extracto libre de nitrógeno de las materias primas (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	63.9710359	63.9710359	11.69	0.0051
Error	12	65.6532971	5.4711081		
Total corregido	13	129.6243331			

CV:10.77 DELN materias primas: Media=21.72

Duncan Agrupamiento	Media	N	Materias primas
A	63.656	7	Haa
B	37.244	7	Afce

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

Anexo 28. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad de la energía bruta de las dietas (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	581.1384918	290.5692459	123.77	<.0001
Error	18	42.2569266	2.3476070		
Total corregido	20	623.3954184			

CV:2.24 DEB dietas: Media=68.38

Duncan Agrupamiento	Media	N	Dietas
A	75.297	7	Dbasal
B	67.282	7	Dhaa
C	62.552	7	Dafce

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

Anexo 29. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad de la energía bruta de las materias primas (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	877.266195	877.266195	65.09	<.0001
Error	12	161.742753	13.478563		
Total corregido	13	1039.008947			

CV:7.15 DEB materias primas: Media=51.35

Duncan Agrupamiento	Media	N	Materias primas
A	59.266	7	Haa
B	43.434	7	Afce

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

Anexo 30. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para proteína cruda digestible de las materias primas (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	231.0893301	231.0893301	708.71	<.0001
Error	12	3.9128193	0.3260683		
Total corregido	13	235.0021494			

CV:5.89 PCD materias primas: Media=9.70

Duncan Agrupamiento	Media	N	Materias primas
A	13.758	7	Haa
B	5.633	7	Afce

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

Anexo 31. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para el extracto etéreo digestible de las materias primas (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.58457618	0.58457618	10.68	0.0067
Error	12	0.65704058	0.05475338		
Total corregido	13	1.24161676			

CV:12.65 EED materias primas: Media=1.85

Duncan Agrupamiento	Media	N	Materias primas
A	2.054	7	Afce
B	1.645	7	Haa

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

Anexo 32. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para la ceniza digestible de las materias primas (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	84.62468432	84.62468432	206.69	<.0001
Error	12	4.91320668	0.40943389		
Total corregido	13	89.53789100			

CV:14.35 CEND materias primas: Media=4.46

Duncan Agrupamiento	Media	N	Materias primas
A	6.919	7	Haa
B	2.002	7	Afce

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

Anexo 33. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para la fibra cruda digestible de las materias primas (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	288.9493529	288.9493529	38.14	<.0001
Error	12	90.9051240	7.5754270		
Total corregido	13	379.8544769			

CV:25.16 FCD materias primas: Media=10.94

Duncan Agrupamiento	Media	N	Materias primas
A	15.484	7	Haa
B	6.398	7	Afce

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

Anexo 34. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para el extracto libre de nitrógeno digestible de las materias primas (%).

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	63.9710359	63.9710359	11.69	0.0051
Error	12	65.6532971	5.4711081		
Total corregido	13	129.6243331			

CV:10.77 ELND materias primas: Media=21.72

Duncan Agrupamiento	Media	N	Materias primas
A	23.858	7	Haa
B	19.583	7	Afce

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

Anexo 35. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para energía digestible de las dietas (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	1374472.301	687236.150	149.60	<.0001
Error	18	82689.041	4593.836		
Total corregido	20	1457161.342			

CV:2.22 ED dietas: Media=3048.22

Duncan Agrupamiento	Media	N	Dietas
A	3407.95	7	Dbasal
B	2901.86	7	Dhaa
B	2834.86	7	Dafce

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

Anexo 36. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para energía digestible de las materias primas (%)


Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	1032854.770	1032854.770	41.36	<.0001
Error	12	299667.900	24972.325		
Total corregido	13	1332522.669			

CV:7.18 ED materias primas: Media=2200.97

Duncan Agrupamiento	Media	N	Materias primas
A	2472.58	7	Haa
B	1929.35	7	Afce

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

Anexo 37. Informe de análisis químico proximal de la harina de alfalfa: dieta, materia prima y heces



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS
 Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú

UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0210-22-LAQ

SOLICITANTE : Dr. GILBERT ALAGON HUALLPA

MUESTRA : INSUMOS ALIMENTICIOS Y HECES DE CUYES

OBJETIVO : ANALISIS PROXIMAL, BASE MATERIA SECA.

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO BASE SECA:

CODIGO	Humedad %	M. Seca %	Proteína %	Grasa %	Ceniza %	Fibra %	Carbohidrato %
MPHA	8.96	91.04	12.02	4.29	10.45	28.40	44.87
PHA	8.76	91.24	14.83	4.69	9.80	26.90	43.78
3HHA	4.98	95.02	12.03	6.77	11.99	30.40	38.81
7HHA	5.23	94.77	10.80	5.42	11.44	29.70	42.64
11HHA	4.94	95.06	12.20	6.15	11.13	32.40	38.12
15HHA	5.00	95.00	10.64	6.33	12.66	33.80	63.43
19HHA	5.28	94.72	11.25	6.52	13.30	29.50	39.70
23HHA	4.97	96.03	11.43	6.08	12.50	27.70	42.29
29HHA	4.42	96.58	12.84	6.32	12.02	34.30	34.52

Métodos: AOAC 964.22, AOAC 955.04, AOAC 920.39, AOAC 942.05 Y AOAC 962.09.

Cusco, 20 de Setiembre 2022



Leyenda: MPHA: materia prima harina de alfalfa; PHA: pellet dieta harina de alfalfa; 3HHA: heces dieta harina alfalfa cuyo número 3; 7HHA: heces dieta harina alfalfa cuyo número 7; 11HHA: heces dieta harina alfalfa cuyo número 11, 15HHA: heces dieta harina alfalfa cuyo número 15; 19HHA: heces dieta harina de alfalfa cuyo número 19; 23HHA: heces dieta harina alfalfa cuyo número 23; 29HHA: heces dieta harina alfalfa cuyo número 29.

Anexo 38. Informe de análisis químico proximal del afrecho de cebada: dieta, materia prima y heces



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS
 Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú

UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0211-22-LAQ

SOLICITANTE : Dr. GILBERT ALAGON HUALLPA

MUESTRA : INSUMOS ALIMENTICIOS Y HECES DE CUYES

OBJETIVO : ANALISIS PROXIMAL, BASE MATERIA SECA.

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO BASE SECA:

CODIGO	Humedad %	M. Seca %	Proteína %	Grasa %	Ceniza %	Fibra %	Carbohidrato %
MPAC	8.68	91.32	5.25	3.32	3.86	32.90	54.67
PAC	12.56	87.44	12.79	5.18	5.57	27.40	49.06
4HAC	3.88	96.12	7.53	4.29	6.20	36.10	45.88
8HAC	4.72	95.28	7.01	3.94	6.10	33.80	49.15
12HAC	1.68	98.32	7.68	4.06	6.30	35.90	46.06
16HAC	1.10	98.90	8.75	4.42	6.50	36.60	43.73
20HAC	1.85	98.15	8.52	3.20	7.16	37.20	43.92
24HAC	1.97	98.03	7.15	3.70	6.71	35.10	46.98
28HAC	1.90	98.10	9.03	3.94	8.74	33.90	44.39

Métodos: AOAC 964.22, AOAC 955.04, AOAC 920.39, AOAC 942.05 Y AOAC 962.09.

Cusco, 20 de Setiembre 2022



Leyenda: MPAC: materia prima afrecho cebada; PAC: pellet dieta afrecho cebada; 4HAC: heces dieta afrecho cebada cuyo número 4; 8HAC: heces dieta afrecho cebada cuyo número 8; 12HAC: heces dieta afrecho cebada cuyo número 12; 16HAC: heces dieta afrecho cebada cuyo número 16; 20HAC: heces dieta afrecho cebada cuyo número 20; 24HAC: heces dieta afrecho cebada cuyo número 24; 28HAC: heces dieta afrecho cebada cuyo número 28.

Anexo 39. Informe de análisis químico proximal de la dieta basal y heces



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú

UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0212-22-LAQ

SOLICITANTE : Dr. GILBERT ALAGON HUALLPA

MUESTRA : INSUMOS ALIMENTICIOS Y HECES DE CUYES

OBJETIVO : ANALISIS PROXIMAL, BASE MATERIA SECA.

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO BASE SECA:

CODIGO	Humedad %	M. Seca %	Proteína %	Grasa %	Ceniza %	Fibra %	Carbohidrato %
PDBAC	7.84	92.16	16.46	6.48	7.79	25.50	43.77
2HDBAC	2.92	97.08	14.79	6.60	14.69	28.70	35.22
6HDBAC	2.04	97.96	16.48	5.50	14.07	27.30	36.65
10HDBAC	2.22	97.78	13.91	5.53	14.37	26.80	38.99
14HDBAC	2.18	97.82	14.69	5.96	12.67	29.40	37.28
18HDBAC	2.34	97.66	13.61	7.04	13.16	29.80	36.39
22HDBAC	2.41	97.59	15.26	5.28	15.28	31.10	33.08
26HDBAC	2.01	97.99	15.17	5.19	14.39	28.20	37.05

Métodos: AOAC 964.22, AOAC 955.04, AOAC 920.39, AOAC 942.05 Y AOAC 962.09.

Cusco, 20 de Setiembre 2022



Leyenda: PDBAC: Pellet dieta basal; 2HDBAC: heces dieta basal cuyo número 2; 6HDBAC: heces dieta basal cuyo número 6; 10HDBAC: heces dieta basal cuyo número 10; 14HDBAC: heces dieta basal cuyo número 14; 18HDBAC: heces dieta basal cuyo número 18; 22HDBAC: heces dieta basal cuyo número 22; 26HDBAC: heces dieta basal cuyo número 26.