

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

**FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA**



**TESIS**

**DETERMINACION DE LA DIGESTIBILIDAD DE CHALA Y MARLO DE MAIZ (*Zea mays L.*) EN CUYES (*Cavia porcellus L.*) EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. ELIZABETH MARLENY HINCHO HINCHO**

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

**ASESORES:**

**Dr. GILBERT ALAGON HUALLPA**

**MSc. GARDENIA TUPAYACHI SOLORZANO**

**CUSCO-PERÚ**

**2025**

# INFORME DE ORIGINALIDAD

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

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada:.....

DETERMINACION DE LA DIGESTIBILIDAD DE CHALA Y MARLO DE MAIZ  
(Zea mays L.) EN CUYES (Cavia porcellus L.) EN LA ETAPA DE  
CRECIMIENTO

presentado por: ELIZABETH MARLENY HINCHO HINCHO con DNI Nro.: 74199381..... 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.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 22 de mayo de 2025

Firma

Post firma Carolina Espinoza Salazar

Nro. de DNI 42789402

ORCID del Asesor 0000-0002-8131-7223

0000-0003-0534-493X

DNI: 24463577

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: **oid:** 27259:461546743

# Elizabeth Marleny Hincho Hincho

## DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD DE CHALA Y MARLO DE MAIZ (*Zea mays* L.) EN CUYES (*Cavia porcellus*)

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

---

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:461546743

Fecha de entrega

22 may 2025, 8:47 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

22 may 2025, 9:08 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

TESIS FINAL DIGESTIBILIDAD DE CHALA Y MARLO CUYES 2025.docx

Tamaño de archivo

7.3 MB

77 Páginas

17.958 Palabras

92.170 Caracteres

# 9% Overall Similarity

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

## Filtered from the Report




- ▶ Bibliography
- ▶ Quoted Text
- ▶ Cited Text
- ▶ Small Matches (less than 12 words)

## Exclusions

- ▶ 55 Excluded Matches

---

## Top Sources

- 8%  Internet sources
- 2%  Publications
- 5%  Submitted works (Student Papers)

---

## Integrity Flags

### 0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

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

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

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a Dios todopoderoso, omnipotente, creador de todas las cosas, por brindarme la fortaleza y sabiduría para que mi sueño de ser profesional se haga realidad mediante el presente, y quien me dio el valor y las energías para no rendirme frente a las diversas adversidades.

A mis queridos padres, **Francisco Hincho Cañari** y **Casiana Hincho Quispe**, quienes, mediante sus sabios consejos y amor incondicional, me impulsaron a ser mejor persona cada día y no rendirme ante nada. Además, por ser padres luchadores y forjadores son el pilar de mi familia, siempre están a lado mío muy a pesar de todas las adversidades.

A mis consentidos hermanos: **Samuel, Cynthia Marili, Zayda Yuli y Frank Raul Hincho Hincho** quienes fueron el motor, motivo y apoyo incondicional durante mi formación universitaria. Recuerden que siempre hay reglas y normas en la vida que debemos seguir para alcanzar al éxito: Espero que mi logro profesional les sirva de guía.

A mis familiares, quienes siempre estuvieron orientándome mediante sus sabios consejos y motivándome durante mi educación personal, hasta la consecución de mi logro profesional.

A la familia **Chauca Mayta**, por el gran apoyo moral y acogida durante mi formación y hasta el presente logro de mi vida profesional.

A mi amiga **Ing. Amelia Karen Mogrovejo Merma**, por sus palabras alentadoras y motivadoras, por estar siempre acompañándome, y, asimismo a mis compañeros de investigación: **Carla Taco, Mario Luna, Moises Jancoco y Eloy Zuñiga** por su apoyo y guía durante la etapa experimental del presente trabajo de investigación.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, mi sincero agradecimiento a mis asesores de tesis: Al **Dr. Gilbert Alagon Huallpa** y al **MSc. Gardenia Tupayachi Solorzano**, profesionales de amplia trayectoria y docentes de excelencia, quienes siempre estuvieron dispuestos a brindar su asesoramiento y culminación del presente trabajo de investigación.

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 mi alma mater, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, en especial a mi Facultad de Agronomía y Zootecnia, y mi estimada Escuela Profesional de Zootecnia, donde desarrollé mi formación profesional.

A mis docentes de la Facultad de Agronomía y Zootecnia, en especial a la plana de docentes de la Escuela Profesional de Zootecnia, quienes, mediante su trayectoria magistral, me brindaron las herramientas necesarias durante mi formación y desarrollo profesional y humano.

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
ÍNDICE GENERAL .....	iv
INDICE DE TABLAS.....	vii
INDICE DE ANEXOS .....	viii
GLOSARIO DE SIGLAS Y ABREVIATURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT .....	xii
I. INTRODUCCION .....	13
II. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACION .....	14
2.1 Identificación del problema de investigación .....	14
2.2 Planteamiento del problema.....	15
2.2.1 Problema general .....	15
2.2.2 Problemas específicos.....	15
III. OBJETIVOS Y JUSTIFICACION .....	16
3.1 Objetivos .....	16
3.1.1 Objetivo general.....	16
3.1.2 Objetivos específicos.....	16
3.2 Justificación.....	17
IV. MARCO TEORICO .....	18
4.1 Antecedentes .....	19
4.1.1 Antecedentes internacionales.....	19
4.1.2 Antecedentes nacionales.....	19
4.1.3 Antecedentes locales.....	21
4.2 Bases teóricas.....	21

4.2.1	El cuy.....	21
4.2.2	Digestibilidad .....	23
4.2.3	Determinación de la digestibilidad .....	24
4.2.4	Métodos para determinar la digestibilidad .....	24
4.2.5	Coeficiente de digestibilidad .....	26
4.2.6	Técnicas de digestibilidad.....	27
4.2.7	Factores que afectan la digestibilidad.....	30
4.2.8	Tipos de la digestibilidad .....	31
4.2.9	El maíz.....	32
4.2.10	Maíz Blanco Gigante de Cusco (MBGC) .....	32
4.2.11	Chala de maíz.....	33
4.2.12	Composición química de la chala de maíz.....	34
4.2.13	Marlo de maíz .....	34
4.2.14	Composición química del marlo de maíz .....	35
V.	METODOLOGIA DEL ESTUDIO .....	36
5.1	Lugar de estudio .....	36
5.2	Condiciones climáticas.....	36
5.3	Periodo de ejecución.....	36
5.4	Tipo de investigación.....	36
5.4.1	Nivel de investigación.....	36
5.4.2	Diseño de investigación.....	37
5.4.3	Enfoque de investigación.....	37
5.5	Materiales y equipos .....	37
5.5.1	Equipos y materiales del bioterio .....	37
5.5.2	Equipos y materiales de laboratorio.....	37
5.5.3	Material biológico.....	38
5.6	Materias primas de estudio .....	38

5.7	Dietas experimentales.....	39
5.7.1	Elaboración de dietas experimentales.....	39
5.8	Métodos.....	40
5.8.1	Prueba de digestibilidad.....	40
5.8.2	Fase de adaptación.....	41
5.8.3	Fase de experimentación.....	41
5.9	Determinación del peso seco de las heces.....	42
5.9.1	Molienda y preparación de las muestras.....	42
5.10	Análisis químico.....	42
5.11	Determinación de la digestibilidad.....	43
5.12	Análisis estadístico.....	44
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	46
6.1	Composición química de la chala y el marlo de MBGC.....	46
6.1.1	Composición química de la chala de MBGC.....	46
6.1.2	Composición química del marlo de MBGC.....	47
6.2	Digestibilidad de las dietas y materias primas.....	48
6.2.1	Consumo y digestibilidad aparente de las dietas.....	48
6.2.2	Digestibilidad aparente de las materias primas.....	52
6.2.3	Nutrientes digestibles de las materias primas.....	54
VII.	CONCLUSIONES.....	55
VIII.	RECOMENDACIONES.....	56
	REFERENCIAS.....	57
	ANEXOS.....	61

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Requerimientos nutricionales para cuyes según etapa de vida.....	22
Tabla 2. Composición química de chala de maíz .....	34
Tabla 3. Proporción de los diferentes componentes de una planta de maíz .....	35
Tabla 4. Composición química de marlo de maíz.....	35
Tabla 5. Distribución de tres dietas experimentales para la determinación de la digestibilidad en cuyes .....	38
Tabla 6. Insumos empleados en la preparación de las dietas experimentales (Dbasal, DCM30 y DM30) para la evaluación de la digestibilidad en cuyes .....	39
Tabla 7. Composición química de las dietas experimentales evaluadas (%MS) .....	40
Tabla 8. Composición química de la chala y del marlo de maíz blanco gigante de Cusco (%).....	46
Tabla 9. Consumo (g MS/DIA), coeficiente de digestibilidad aparente (DA %) de las dietas.....	49
Tabla 10. Coeficiente de digestibilidad aparente (CDA%) de la chala y del marlo de maíz blanco gigante de Cusco.....	52
Tabla 11. Valores nutritivos de PD y ED (kcal/kg MS) de las materias primas .....	54

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Pesaje de los insumos y mezcla manual de dieta experimentales.....	61
Anexo 2. Mezcla homogénea de las dietas experimentales.....	61
Anexo 3. Proceso de peletización de las dietas experimentales.....	62
Anexo 4. Obtención de pellets de la dieta basal, dieta chala maíz y dieta marlo. ....	62
Anexo 5. Jaulas metabólicas de 40 x 25.5 x 25.5 cm .....	63
Anexo 6. Ensayo de digestibilidad aparente .....	63
Anexo 7. Colección total de heces .....	64
Anexo 8. Identificación de las heces para su refrigeración y limpieza .....	64
Anexo 9. Determinación del peso seco de las heces .....	65
Anexo 10. Molienda de heces y materias primas la chala de maíz y marlo de maíz	65
Anexo 11. Diferencia del peso vivo de los animales por dieta durante el presente trabajo de investigación.....	66
Anexo 12. Informe de análisis químico proximal de la dieta basal y heces.....	67
Anexo 13. Informe de análisis químico proximal de chala maíz: dieta, materia prima y heces.....	68
Anexo 14. Informe de análisis químico proximal de marlo: dieta, materia prima y heces .....	69
Anexo 15. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para consumo de dietas experimentales (g MS/día/cuy) .....	70
Anexo 16. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad de la materia seca de las dietas (%).....	70
Anexo 17. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad materia orgánica de las dietas (%) .....	70
Anexo 18. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad de proteína cruda de las dietas (%).....	71
Anexo 19. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad de ceniza de las dietas (%).....	71
Anexo 20. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad de fibra cruda de las dietas (%) .....	72

Anexo 21. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad de extracto libre de nitrógeno de las dietas (%).....	72
Anexo 22. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para digestibilidad de energía bruta de las dietas (%).....	72
Anexo 23. Prueba de t - Student para digestibilidad de materia seca de las materias primas la chala de maíz y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco (%) .....	73
Anexo 24. Prueba de t - Student para digestibilidad de materia orgánica de las materias primas la chala de maíz y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco (%)	73
Anexo 25. Prueba de t - Student para digestibilidad de proteína cruda de las materias primas la chala de maíz y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco (%) .....	74
Anexo 26. Prueba de t - Student para digestibilidad de ceniza de las materias primas la chala de maíz y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco (%) .....	74
Anexo 27. Prueba de t - Student para digestibilidad de fibra cruda de las materias primas la chala de maíz y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco (%) .....	75
Anexo 28. Prueba de t - Student para digestibilidad de extracto libre de nitrógeno de las materias primas la chala de maíz y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco (%) .....	75
Anexo 29. Prueba de t - Student para digestibilidad de energía bruta de las materias primas la chala de maíz y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco (%) .....	76
Anexo 30. Prueba de t - Student para proteína digestible de las materias primas la chala de maíz y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco (%).....	76
Anexo 31. Prueba de t - Student para energía digestible de las materias primas la chala de maíz y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco .....	77

## GLOSARIO DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

<b>AOAC:</b>	Association of Official Analytical Chemists
<b>CE:</b>	Ceniza
<b>CD:</b>	Coeficiente de digestibilidad
<b>DA:</b>	Digestibilidad aparente
<b>Dbasal:</b>	Dieta basal
<b>DEB:</b>	Digestibilidad de energía bruta
<b>DEE:</b>	Digestibilidad de extracto etéreo
<b>DFC:</b>	Digestibilidad de fibra cruda
<b>DCM:</b>	Dieta chala maíz
<b>DM:</b>	Dieta marlo
<b>DMO:</b>	Digestibilidad de materia orgánica
<b>DMS:</b>	Digestibilidad de materia seca
<b>EB:</b>	Energía bruta
<b>ED:</b>	Energía digestible
<b>EE:</b>	Extracto etéreo
<b>ELN:</b>	Extracto libre de nitrógeno
<b>FAO:</b>	(Food and Agriculture Organization) Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
<b>FC:</b>	Fibra cruda
<b>INIA:</b>	Instituto de Innovación Agraria
<b>MBGC:</b>	Maíz blanco gigante de Cusco
<b>MIDAGRI:</b>	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
<b>MO:</b>	Materia orgánica
<b>MS:</b>	Materia seca
<b>PC:</b>	Proteína cruda

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar la composición química y la digestibilidad aparente de los nutrientes de la chala y el marlo de maíz (*Zea maíz L.*) de la variedad maíz blanco gigante de Cusco (MBGC), como alternativa en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus L.*) en la etapa de crecimiento. Dicha evaluación se realizó en las instalaciones del Bioterio, ubicado en el área de laboratorio de suelos – Granja K´ayra, entre los meses de febrero – noviembre. Para ello, se utilizaron 21 cuyes en etapa de crecimiento entre machos y hembras con 2 meses de edad y con  $650 \pm 35$  g de peso vivo promedio. La distribución se realizó de manera aleatoria en grupos de 3 tratamientos con 7 repeticiones: T1: 7 cuyes para la dieta basal (Dbasal), T2: 7 cuyes para la dieta con chala de maíz (DCM) y T3: 7 cuyes para la dieta con marlo de maíz (DM). Las dietas experimentales contenían 30% de la chala de maíz y 30% del marlo de maíz. Respecto a la prueba de digestibilidad aparente se realizó por el método de digestibilidad *in vivo* que tuvo una duración de 15 días, distribuidos en dos fases: fase de adaptación (10 días) y fase experimental (5 días). En cuanto a la determinación de la composición química se empleó el método de la AOAC, (2002). Respecto al coeficiente de digestibilidad de las dietas experimentales se calculó por diferencia entre las cantidades de nutriente ingerida y nutriente excretada en las heces. Además, las digestibilidades de las materias primas de la chala y el marlo de maíz se estimaron por el método de sustitución. Por consiguiente, se obtuvieron los siguientes resultados para los coeficientes de digestibilidad de la chala de maíz:  $41.52 \pm 2.34\%$  de materia seca,  $41.10 \pm 2.62\%$  de materia orgánica,  $22.38 \pm 9.47\%$  de proteína cruda,  $50.13 \pm 10.56\%$  de ceniza,  $37.66 \pm 3.95\%$  de fibra cruda,  $36.81 \pm 5.31\%$  de extracto libre de nitrógeno,  $40.81 \pm 2.70\%$  de energía bruta y sus valores nutritivos fueron:  $1.40 \pm 0.59\%$  de proteína digestible y  $1,730 \pm 114.43$  kcal/kg MS de ED. De la misma manera los coeficientes de digestibilidad del marlo de maíz fueron:  $43.06 \pm 7.98\%$  de MS,  $42.23 \pm 7.60\%$  de MO,  $14.50 \pm 22.89\%$  de PC,  $51.72 \pm 13.33\%$  de CE,  $38.45 \pm 8.86\%$  de FC,  $41.99 \pm 8.34\%$  de ELN,  $41.87 \pm 7.84\%$  de EB. Finalmente, el valor de PD fue  $1.10 \pm 0.91\%$  y de ED fue  $1,784.9 \pm 322.91$  kcal/kg MS.

**Palabras claves:** Digestibilidad, chala de maíz, marlo de maíz y cuyes

## ABSTRACT

The objective of this study was to determine the chemical composition and apparent digestibility of the nutrients in the husk and cob of corn (*Zea mays L.*) of the giant white corn of Cusco (MBGC) variety, as an alternative for feeding guinea pigs (*Cavia porcellus L.*) during the growth stage. This evaluation was carried out at the Bioterium, located in the soil laboratory area of K'ayra Farm, between the months of February and November. For this purpose, 21 growing guinea pigs, males and females, 2 months old and with an average live weight of  $650 \pm 35$  g, were used. The distribution was randomized into groups of 3 treatments with 7 repetitions: T1: 7 guinea pigs for the basal diet (Dbasal); T2: 7 guinea pigs for the diet with corn husk (DCM); and T3: 7 guinea pigs for the diet with corn cob (DM). The experimental diets contained 30% corn husk and 30% corn cob. The apparent digestibility test was performed using the *in vivo* digestibility method, which lasted 15 days and was divided into two phases: an adaptation phase (10 days) and an experimental phase (5 days). The chemical composition was determined using the AOAC method (2002). The digestibility coefficient of the experimental diets was calculated by calculating the difference between the amounts of nutrients ingested and those excreted in the feces. Furthermore, the digestibilities of the raw materials, corn husk and corn cob, were estimated using the substitution method. Therefore, the following results were obtained for the digestibility coefficients of corn husk:  $41.52 \pm 2.34\%$  dry matter,  $41.10 \pm 2.62\%$  organic matter,  $22.38 \pm 9.47\%$  crude protein,  $50.13 \pm 10.56\%$  ash,  $37.66 \pm 3.95\%$  crude fiber,  $36.81 \pm 5.31\%$  nitrogen-free extract,  $40.81 \pm 2.70\%$  gross energy and its nutritional values were:  $1.40 \pm 0.59\%$  digestible protein and  $1,730 \pm 114.43$  kcal/kg DM of DE. Similarly, the digestibility coefficients of corn cob were:  $43.06 \pm 7.98\%$  DM,  $42.23 \pm 7.60\%$  OM,  $14.50 \pm 22.89\%$  CP,  $51.72 \pm 13.33\%$  CE,  $38.45 \pm 8.86\%$  FC,  $41.99 \pm 8.34\%$  ELN,  $41.87 \pm 7.84\%$  EB. Finally, the PD value was  $1.10 \pm 0.91\%$  and the ED value was  $1,784.9 \pm 322.91$  kcal/kg DM.

**Key words:** Digestibility, corn husk, corn cob and guinea pigs

## I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la producción de cuyes ha pasado a ser una actividad principal para la población rural, debido a que, en sus diferentes sistemas, desempeña funciones fundamentales. Desde el nivel económico, genera puestos laborales y, de esta manera, ingresos para la canasta familiar. Asimismo, contribuye en la seguridad alimentaria, ya que la carcasa del cuy se caracteriza por su alto contenido de proteína (19.21%), bajos niveles de grasa (7.43%) y su fácil digestión (Chauca, 1997).

En la producción intensiva y semi intensiva de cuyes, la alimentación es el pilar de su rentabilidad. Para ello, es necesario brindar una dieta balanceada que cubra sus requerimientos nutricionales en las diferentes etapas de vida, tomando en cuenta los insumos alternativos disponibles de la región. Al emplear insumos alimenticios tradicionales eleva los costos de alimentación. Además, representa aproximadamente el 70% del costo total de producción. Frente a ello, una alternativa para corregir esta limitante es el uso de insumos alternativos como son los: residuos de cosecha, subproductos de agroindustrias y leguminosas forrajeras (Rosales y Tang, 1996).

Del mismo modo, el cultivo de maíz en la región andina es significativo, lo que genera una producción de biomasa residual compuesta por tallos, hojas, panca y marlo. Los residuos que generalmente se utilizan como alimento para animales rumiantes son la chala y el marlo, caracterizados por su alto contenido de fibra y por cumplir un rol muy importante en la digestión, ya que regula el tránsito intestinal. Sin embargo, no existe suficiente información acerca del uso de la chala y marlo de maíz en la alimentación de cuyes.

Por ello, resulta necesario determinar la composición química y la digestibilidad de estos subproductos en cuyes en etapa de crecimiento. Evaluar parámetros como la materia seca, proteína cruda, energía bruta, así como el coeficiente de digestibilidad aparente y los nutrientes digestibles (energía y proteína), permitirá generar información técnica confiable para su uso en la formulación de dietas balanceadas.

## II. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

### 2.1 Identificación y planteamiento del problema de investigación

La producción de cuyes ha incrementado en el país, más aún en la sierra, debido a que las condiciones climáticas son favorables y además genera ingresos económicos. En esta actividad, la alimentación juega un rol importante, debido a que representa el 70% del costo total de su producción.

En nuestra región Cusco, si bien es cierto existe la disponibilidad forrajera (avena, alfalfa, tréboles y ray grass) durante los meses de noviembre a mayo (época de lluvias), sin embargo, durante los meses de junio a septiembre (época de seca) son momentos críticos debido a la escasez de forrajes, para ello los productores alternan la alimentación a base de insumos alimenticios tradicionales (maíz molido, afrecho de trigo, torta de soya y entre otros) lo que eleva los costos de alimentación.

Para contrarrestar el uso de insumos tradicionales en la alimentación de cuyes, existe la disposición de subproductos de la cosecha como: la chala de maíz y el marlo de maíz que se caracterizan por su alto contenido de fibra. Sin embargo, existe escasa o muy poca información acerca de la digestibilidad y el nivel de aprovechamiento de los nutrientes de la chala y el marlo de maíz en cuyes. Es por ello, que mediante la determinación del coeficiente de digestibilidad de los nutrientes de la chala y el marlo nos permitirá estimar el valor nutricional.

Además, al incluir insumos alternativos en la dieta de cuyes, se economizará los costos de producción y se contribuirá a la elaboración de nuevas tablas de materias primas de la Región Andina de Cusco, mediante la determinación de la composición química y los valores nutricionales, lo que a su vez permitirá una formulación adecuada de raciones balanceadas cubriendo los requerimientos nutricionales del cuy. Por ende, se plantea los siguientes enunciados:

## **2.2 Planteamiento del problema**

### **2.2.1 Problema general**

¿Cuál es la composición química y la digestibilidad de la chala y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco (*Zea mays L.*) en cuyes (*Cavia porcellus L.*) en la etapa de crecimiento?

### **2.2.2 Problemas específicos**

- ¿Cuál es la composición química de la chala y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco?
- ¿Cuál es el coeficiente de digestibilidad de la chala y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco en cuyes en la etapa de crecimiento?
- ¿Cuál es el valor de nutriente digestible de la energía digestible y proteína digestible de la chala y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco?

### **III. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN**

#### **3.1 Objetivos**

##### **3.1.1 Objetivo general**

Determinar la composición química y la digestibilidad de la chala y el marlo de maíz (*Zea mays L.*) en cuyes (*Cavia porcellus L.*) en la etapa de crecimiento.

##### **3.1.2 Objetivos específicos**

- a. Determinar la composición química: materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), Ceniza (CE), fibra cruda (FC), extracto libre de nitrógeno (ELN) y energía bruta (EB) de la chala y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco.
- b. Determinar el coeficiente de digestibilidad aparente: materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), fibra cruda (FC), extracto libre de nitrógeno (ELN) y energía bruta (EB) de la chala y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco.
- c. Determinar el valor de nutriente digestible de la energía digestible (ED) y proteína digestible (PD) de la chala y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco.

### 3.2 Justificación

La producción de cuy en el Perú ha pasado a ser una actividad comercial importante, ya que, genera fuentes de ingresos económicos para el sustento familiar. Además, en la región de Cusco su producción se ha venido incrementando gracias a los programas impulsados por instituciones como el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego y entre otros (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2023).

Sin embargo, el precio elevado de los alimentos tradicionales, como el maíz amarillo, torta de soya, incluidos en la dieta de los cuyes, eleva los costos de alimentación. Por lo tanto, es necesario buscar insumos alternativos, como los subproductos de la cosecha de maíz, entre la chala y marlo de maíz. Estos subproductos son convenientes debido a su alta disposición después de obtener el producto primario (grano de maíz).

A través, del proyecto de valorización nutritiva de materias primas y determinación de los requerimientos de energía y proteína para el desarrollo de piensos balanceados de cuyes, desarrollado por la Escuela Profesional de Zootecnia - UNSAAC, se planteó el presente trabajo de investigación, el cual busca dar valor sostenible a estos subproductos, determinando la digestibilidad aparente de la chala y marlo de maíz blanco gigante de Cusco en cuyes (*Cavia porcellus L.*) en etapa de crecimiento.

Asimismo, los resultados ayudarían a elaborar tablas nutricionales con la incorporación de sub productos agrícolas de la región del Cusco en forma de harinas balanceadas, lo que permite una producción comercial eficiente con estándares productivos de mayor rentabilidad.

#### **IV. HIPÓTESIS**

La chala y el marlo del maíz blanco gigante de Cusco presentan una composición química y una digestibilidad adecuadas para ser utilizados como fuentes alternativas de nutrientes en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus L.*) en etapa de crecimiento.

## V. MARCO TEÓRICO

### 5.1 Antecedentes

#### 5.1.1 Antecedentes internacionales

Bonilla y Usca (2015) realizaron un estudio en cuyes en la Provincia de Chimborazo, Ecuador, con la finalidad de evaluar el comportamiento productivo al utilizar diferentes niveles de residuos de maíz con tusa molida al (7, 14 y 21%) añadieron melaza. Para ello, utilizaron 48 cuyes de 15 días de edad y con peso promedio de 0.376 kg, fueron distribuidos bajo el diseño completamente al azar teniendo los siguientes tratamientos: T0 (100% forraje verde), T1 (7% de residuos de maíz con tusa molida + 91% de forraje verde + melaza), T2 (14% de residuos de maíz con tusa molida + 84% de forraje verde + melaza) y T3 (21% de residuos de maíz con tusa molida + 77% de forraje + melaza), la etapa de experimental tuvo una duración hasta llegar los 90 días de edad. Al determinar la composición nutricional para residuos de maíz con tusa molida en base seca obtuvieron los siguientes resultados: ceniza 2.05% y 3,140 kcal/kg MS.

#### 5.1.2 Antecedentes nacionales

Castro y Chirinos (2021) realizaron la valoración nutricional de algunas materias primas para la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus L.*), en la Universidad Nacional del Centro del Perú - Huancayo, con la finalidad de determinar la composición química y los coeficientes de digestibilidad de 63 insumos diferentes y entre ellas encontrándose los residuos (agrícolas, agroindustriales y cocina). En la prueba de digestibilidad *in vivo* emplearon cuyes entre machos y hembras de 4 a 5 meses de edad. La evaluación tuvo una duración de 14 días dividido en dos etapas: primera etapa pre experimental de 7 días y la segunda etapa experimental de 7 días. En cuanto a la determinación de la composición química para chala de maíz hallaron: 79.66 % de materia seca, 92.88% de materia orgánica, 9.36% de proteína cruda, 2.57% de extracto etéreo, 28.99% de fibra cruda, 51.96% de extracto libre de nitrógeno y 7.12% de ceniza. El coeficiente de digestibilidad de la chala de maíz con respecto a la MS 57.38%, MO 54.04%, PC 64.79%, FC 57.91% y ELN 64.99%. Además, obtuvieron valores de los nutrientes digestibles para la proteína digestible 6.06% y energía digestible 2,696.34 kcal/kg MS. Concluyendo que los cuyes tienen

una amplia capacidad de un mayor aprovechamiento de los diversos residuos de cosecha, residuos agroindustriales, cascaras y más aún cuando se adiciona insumos de fuentes proteicos de origen animal.

Rosales y Tang (1996) determinaron la composición química y digestibilidad de 22 insumos alternativos de la zona de Ucayali, llevándose el estudio en el Centro Regional de investigación del IIAP filial Ucayali, al determinar la composición química se aplicó el método de Weende y con respecto a la prueba de digestibilidad *in vitro* se empleó la técnica de Tilley y Terry. En base a los resultados que obtuvieron, clasificaron los insumos de acuerdo a su composición nutricional y grado de digestibilidad considerando a la harina de coronta de maíz como: insumo fibroso de baja digestibilidad debido a que los resultados de la composición química en base seca fueron: 84.70% de materia seca, 2.64% de proteína cruda, 1.62% de grasa cruda, 30% de fibra cruda, 1.41% de ceniza y 64.33% para extracto libre de nitrógeno.

Torres *et al.* (2010) realizaron análisis químico de forrajes verdes (pasturas y cultivos anuales), conservados (henos y ensilajes), productos y subproductos de agroindustria, residuos de cosecha e insumos para concentrados de las regiones de Cusco, Arequipa y Puno, con la finalidad de establecer las tablas de composición química nutricional de alimentos y forrajes, realizado en la Universidad Católica de Santa María de Arequipa. Para el análisis químico de los residuos de cosecha: la chala seca de maíz y marlo de maíz, provenientes de la Provincia de Anta, siguieron los métodos de Association of Oficial Analytical Chemists (AOAC). Los resultados para la composición nutricional de la chala seca de maíz fueron: 88.07% de materia seca, 5.03% de proteína cruda, 0.55% de extracto etéreo, 6.53% de ceniza, 36.33% de fibra neutro detergente, 31.81% de fibra acida detergente y 27.18% de celulosa. Por otro lado, la composición química para el marlo de maíz fue: 91.66% de materia seca, 5.68% de proteína cruda, 0.60% de extracto etéreo, 5.74% de ceniza, 69.84% de fibra neutro detergente, 31.13% de fibra acida detergente y 26.47% de celulosa. Concluyendo que la chala seca de maíz y el marlo de maíz se caracterizan por su alto contenido de fibra y además su composición nutricional varia por diversos factores como: estado de madurez de la planta, almacenamiento y tiempo de secado.

### **5.1.3 Antecedentes locales**

Alagón *et al.*, (2019) determinaron la energía digestible y proteína digestible de cuatro materias primas (afrecho de trigo, torta de soya, chala de maíz y harina de alfalfa) en cuyes en crecimiento en el bioterio de Nutrición Animal de la Escuela Profesional de Zootecnia – Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Para ello emplearon 26 cuyes entre machos y hembras de 40 días de edad, distribuidas al azar en las jaulas metabólicas individuales. La etapa pre experimental tuvo una duración de 10 días y la etapa experimental cuatro días. Para la determinación de la composición bromatológica siguieron los métodos de la AOAC, reportando los resultados para chala maíz blanco gigante de Cusco: 90.34% de materia seca, 6.34% de ceniza, 4.86% de proteína bruta, 0.55% de grasa bruta, 63.42% de fibra neutro detergente, 30.58% de fibra acida detergente y 29.85% de celulosa. Finalmente obtuvieron 0.55% de proteína digestible y 530.1 Kcal/kg MS de ED.

## **5.2 Bases teóricas**

### **5.2.1 El cuy**

El cuy es un roedor originario de las regiones andinas de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú (Chauca, 1997). Su producción en estos países ha crecido significativamente en los últimos años, estimándose una población de 43 millones de cuyes (Barrantes *et al.*, 2016). Perú es considerado uno de los principales productores de esta especie, alcanzando una población de 25.8 millones al año 2021, así mismo, a nivel nacional se tiene siete departamentos como zonas productoras representando el 75% de la población total siendo las principales Cajamarca (20%), Cusco (17%) y Ancash (12%), el tipo de crianza que predomina en estas regiones es la crianza familiar y comercial (MIDAGRI, 2023).

#### **a. Nutrición y Alimentación**

Shimada (2003) indica que, la nutrición y alimentación desarrolla un rol importante en la actividad pecuaria, en especial en animales monogástricos, donde equivale el 70% del costo total de producción y es un factor que determina la rentabilidad de la misma.

El cuy se clasifica como una especie herbívora monogástrica y por su anatomía gastrointestinal es un fermentador post gástrico, en donde ocurre el desarrollo y la

fermentación bacteriana, asimismo realiza dos tipos de digestión: una digestión enzimática que se da a nivel del intestino delgado en esta fracción el movimiento de la ingesta es rápida, no demora más de 2 h en llegar al ciego; y una digestión microbiana, cuando el alimento se encuentra en la fracción del intestino grueso (ciego) se demora el pasaje un promedio de 48 h y además se desarrolla el 65% de la digestión microbiana, por esta acción la celulosa retarda los movimientos del contenido intestinal lo que permite una mejor absorción de los nutrientes, dando como resultado un mejor aprovechamiento de la fibra (Chauca, 1997).

Además, Chauca (1997) menciona que los requerimientos nutricionales necesarios en la producción de cuyes son la proteína, energía, fibra, grasa, minerales, agua y vitaminas en especial la Vitamina C, debido a que el cuy no sintetiza. Con respecto, a las cantidades de estos nutrientes varían de acuerdo a la etapa de vida, estado fisiológico, genotipo y entorno.

**Tabla 1. Requerimientos nutricionales para cuyes según etapa de vida**

Nutrientes	Unidad	Etapa de vida		
		Gestación	Lactancia	Crecimiento
Proteína	%	18	12-22	13-17
Energía	Kcal/kg	2,800	3,000	2,800
Fibra	%	8-17	8-17	10
Calcio	%	1.4	1.4	0.8-1.0
Fosforo	%	0.8	0.8	0.4-0.7
Magnesio	%	0.1- 0.3	0.1-0.3	0.1-0.3
Potasio	%	0.5 -1.4	0.5-1.4	0.5-1.4
Vitamina C	Mg	200	200	200

**Fuente:** National Research Council *et al.*, 1990 citado en Chauca, 1997).

Chauca (1997) indica que, la fracción de fibra tiene una importancia en la composición de los alimentos, ya que contribuye con el funcionamiento normal del tracto digestivo y mejora el aprovechamiento de nutrientes de los alimentos; es así que, el forraje es la fuente esencial del aporte de fibra, siendo sus principales componentes dentro de la pared celular: la celulosa, hemicelulosa y lignina, cabe señalar que, los altos contenidos de sus componentes y su resistencia a la acción enzimática en el intestino delgado disminuye la digestibilidad.

### 5.2.2 Digestibilidad

Para determinar el valor nutritivo de los alimentos, no basta con los análisis químicos, es necesario considerar los efectos de los procesos de digestión, absorción y metabolismo animal, a todo este proceso se conoce digestibilidad (Bondi, 1989). Esta es la base de las metodologías para la evaluación de los alimentos que sirve para cuantificar la calidad de la dieta y de las materias primas que forman parte de ella (Osorio *et al.*, 2012).

Shimada (2003) define que, la digestibilidad es la cantidad de alimento que desaparece en el tracto digestivo o en un procedimiento de laboratorio debido al ataque de microorganismos o solubilización, y por lo tanto se considera absorbido ya que no se excreta en las heces, y el nivel del aprovechamiento del alimento en el animal varía de acuerdo a la especie, edad y requerimiento nutricional. Además, la digestibilidad varía debido a elementos específicos del alimento. Es decir, los alimentos provenientes de fuentes energéticas son más digestibles en específico para animales de granja a diferencia de los alimentos de fuentes proteicos de origen vegetal son también altamente digestibles para todas las especies.

Por otro lado, los forrajes son los alimentos que más varían en la digestibilidad, esto se debe a la madurez de la planta, a medida que aumenta la madurez incrementa los niveles de fibra y por ello es necesario realizar los tratamientos físicos y químicos con aplicación de sustancias alcalinas como amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ) y urea ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ ), como consecuente del tratamiento se incrementa los valores nutricionales (Fuentes *et al.*, 2001).

La digestibilidad de los alimentos puede incrementarse a través de procedimientos como el molido, el rolado y la creación de pastillas y hojuelas. Asimismo, estos procedimientos, aumentan la rapidez a la que el alimento atraviesa el tubo digestivo, resultando en una ligera reducción de la digestión y absorción. Esta se compensa con un mayor consumo de alimento que a su vez redundará en una mejor respuesta animal (Shimada, 2003).

### **5.2.3 Determinación de la digestibilidad**

Para determinar la digestibilidad se realizan con un grupo de animales considerando ciertas características, así como la especie, edad y sexo. Además, en animales mayores se recomienda trabajar con machos que las hembras, debido a que resulta más fácil recolectar las heces sin ser contaminados con la orina y por otro lado los animales en evaluación deben ser dóciles y libre de enfermedades infecciosas y parasitarias. Las pruebas de digestibilidad en animales menores se realizan en jaulas metabólicas, lo que permite la separación de las heces con la orina por medio de unas rejillas y en animales mayores como el ganado vacuno se coloca arneses con bolsas de goma o material similar a ello para su recolección total de las excretas (Mc Donald *et al*, 2006).

### **5.2.4 Métodos para determinar la digestibilidad**

#### **a. Método directo**

En los ensayos de este método se realiza el uso de animales con el objetivo de llevar a cabo la recolección completa de las heces que producen durante su evaluación de la dieta o materia prima, para este método se recomienda en una cantidad de seis animales machos (animales mayores) para facilitar la colecta de heces y orina de manera individual, en condiciones saludables y alojados de manera individual en jaulas metabólicas (animales menores). Para la aplicación adecuada de este método se debe considerar dos fases: primero la fase de adaptación, en el cual los animales deberán de adaptarse a la nueva dieta en un periodo no inferior de cinco días, bastara este tiempo para limpiar el sistema digestivo los restos de las comidas anteriormente suministradas, después de la adaptación se inicia la fase experimental; se lleva la colección de heces que puede variar de tres a cinco días, es fundamental que las heces recogidas sean cuantitativamente representativas de los restos no digeridos (Osorio *et al.*, 2012) este método proporciona datos reales de los procesos que ocurre en el tracto digestivo y además incluye el metabolismo endógeno propios del animal.

#### **b. Método por diferencia**

A través de este método, se mide la digestibilidad de un alimento cuando se suministra en combinación con uno o más elementos. Para ello, se establece una dieta basal y una dieta para evaluar; esta última es la combinación de dieta basal más el ingrediente

a evaluar. La digestibilidad del ingrediente en evaluación se obtiene por diferencia empleando la siguiente fórmula (Parra y Gómez, 2009).

$$D_{dif} = (D_d - D_b \times S_b) \div S_a$$

Donde:

$D_{dif}$  : Digestibilidad por diferencia

$D_d$  : Digestibilidad de un nutrimento en la dieta en estudio (%)

$D_b$  : Digestibilidad de un nutrimento en la dieta basal (%)

$S_b$  : Nivel de contribución de un nutrimento de la dieta basal en la dieta en estudio ( $S_b = 1 - S_a$ )

$S_a$  : Nivel de contribución de un nutrimento a evaluar en la dieta en estudio

### c. Método por indicadores

Este método fue diseñado y desarrollado especialmente para animales en pastoreo, se emplea el uso de indicadores (externos o internos), por la dificultad de la colección total heces durante la etapa experimental. Un indicador no se puede percibir de manera directa tanto en la dieta como en las heces, por ello se necesita pruebas de laboratorio y que, además, debe de cumplir las siguientes condiciones; ser inerte y no toxico, deben ser excretadas por el animal sin dificultad o alteración, facilidad de identificación en las heces excretadas, mezclarse de manera uniforme con el alimento y no deben influenciar en las secreciones intestinales, absorción o motilidad. Para ello, los marcadores son visibles y se utilizan para indicar el inicio y el final de una colección, se aplica en métodos de recolección total de heces. Con respecto a la determinación de la digestibilidad se debe de conocer con precisión las cantidades del indicador que se adiciona en el alimento y la cantidad que contiene en las heces después del proceso digestivo (Rodríguez *et al.*, 2007).

$$\text{Digestibilidad}(\%) = 100 - \left[ 100 \times \left( \frac{ID}{IF} \right) \right]$$

Donde:

ID : Indicador en la dieta

IF : Indicador en las heces

Según Osorio *et al.* (2012) no es necesario recolectar la totalidad de heces, ni conocer los datos de la cantidad del alimento ingerido, ni tampoco la cantidad de heces producidas debido a que el “coeficiente de digestibilidad aparente de los nutrientes, son calculados a partir de las concentraciones del indicador” aplicando la siguiente ecuación:

$$C.D.A. = \left\{ 1 - \frac{NE \times IA}{NC \times IH} \right\} \times 100$$

Donde:

- C.D.A. : Coeficiente de digestibilidad aparente
- NC : Concentración del nutriente consumido
- NE : Concentración nutriente excretado
- IA : Concentración del indicador en el alimento
- IH : Concentración del indicador en las heces

### 5.2.5 Coeficiente de digestibilidad

Bondi (1989) indica que, el coeficiente de digestibilidad se expresa en porcentaje, el alimento o nutriente en específico es absorbido y aprovechado por el tracto digestivo del animal, por lo tanto, no se excreta junto con las heces. Para calcular el coeficiente de digestibilidad, es imprescindible saber la cantidad de alimento ingerido y excretado, siendo la diferencia entre ambas cantidades la que se refleja en la siguiente expresión:

$$C.D. (\%) = \frac{N.I - N.H}{N.I} \times 100$$

Donde:

- C.D. : Coeficiente de digestibilidad
- N.I. : Nutriente ingerido
- N.H. : Nutriente en las heces

## 5.2.6 Técnicas de digestibilidad

### a. Digestibilidad *In vivo*

Este término hace refiere a la utilización de un animal o conjunto de animales que reciben una dieta o alimento que contiene un nutriente en específico y mediante los procesos del tracto digestivo es absorbida, lo que resulta cantidad de alimento consumido y la cantidad excretada corresponde lo que el animal elimina. Esto puede variar dependiendo de una variedad de factores como el consumo, la tasa de movimiento del alimento, el suministro de alimentos, la disponibilidad de agua, el poder selectivo, la eficiencia metabólica y el estado fisiológico (Mc Donald *et al.*, 2006) a continuación se menciona las técnicas de digestibilidad *in vivo*:

**Mediante colección total de heces:** Es la técnica más confiable para medir la digestibilidad, los animales se estabulan en jaulas metabólicas, deben tener una serie de rejillas para separar las heces de las orinas de esa manera se evita la contaminación de las excretas. El alimento en evaluación se administra a los animales por una semana como mínimo para su adaptación y eliminación total del alimento consumido con anterioridad, denominándose como etapa de acostumbramiento o adaptación y la etapa experimental dura un intervalo de 5 a 14 días, colecta total de las heces por los días experimentales (Bondi, 1989).

**Uso de indicadores:** aplicable para animales en pastoreo por su dificultad para la colecta total de heces, se aplica el “uso de indicadores naturales o internos que no se digieren ni absorben como el: sílice, lignina, nitrógeno fecal, cromógenos, FDN y FDA indigestibles, N-alcanos; y externos sustancias inertes como el óxido crómico, elementos de tierras raras (Lantano, Samario, Cerio, Iterbio y Disprósium), rutenio fenantrolina, cromo mordante para fase sólida; cobalto-EDTA, cromo-EDTA y polietilenoglicol (PEG), utilizados para fase líquida” (Rodríguez *et al.*, 2007). Para el periodo de adaptación bastara con 48 h y la colección de heces conocido como etapa experimental bastara con tres animales (aves) y cinco para otras especies.

### b. Digestibilidad *In situ*

Esta técnica es considerada como un buen estimador de la digestibilidad aparente de los alimentos de forma rápida, precisa y sencilla a comparación de otros métodos convencionales, así como tiene ventajas también tienes sus desventajas: trabajo

laborioso, costos elevados, intervención quirúrgica (fistulación) que puede ocasionar estrés a los animales afectando la salud y el bienestar animal, y requiere instalaciones especializadas para su cuidado (Giraldo *et al.*, 2007).

La técnica *in situ* consiste en colocar la muestra en bolsas de nylon o sintéticas e incubarlas en el rumen de animales fistulados para obtener el grado de degradabilidad (Torres *et al.*, 2009). Para ser exactos se establece entre saco dorsal del rumen y el flanco izquierdo, deben de cumplir ciertas características: cánulas permanentes de material goma o plástico cerradas con tapón a rosca que permita el acceso directo a las muestras del contenido ruminal (Mc Donald *et al.*, 1979).

En animales mayores la permanencia de las cánulas para su incubación en el rumen se da por un tiempo de 24 – 48 h posterior a ello se retira la bolsa para su lavado y secado en estufa a 60 °C por 72 h, para determinar la cantidad de materia seca del alimento que permanece como material no digerido (Mc Donald *et al.*, 2006). En caso de animales menores como el pollo se administra una dieta mezclada con el marcador y sacrificar unos días después, por lo que, se toma como muestra el intestino y se divide en trozos para su posterior análisis de contenido por cada uno de ellos acerca del nutriente en estudio y del marcador. Las cantidades y proporciones de los distintos nutrientes de los alimentos son absorbidos en diferentes tramos del aparato digestivo (Bondi, 1989).

### **c. Digestibilidad *in vitro***

El objetivo de este procedimiento es inocular una muestra de alimento en un contenedor con líquido ruminal durante un tiempo específico en un laboratorio con el objetivo de recrear el proceso de digestibilidad de un rumiante. Por otro lado, permite el análisis de grandes volúmenes de muestras en un periodo más corto, necesita de escasas cantidades de muestra en comparación con el método directo de colección total de heces, pero presenta dificultades en la determinación de la digestibilidad de la materia orgánica. Además, subestima la digestibilidad en aquellas cifras que no superan el 65%, lo que podría ser resultado de la ausencia de tiempo para la fermentación y esto sucede en especial en forrajes de menor calidad que se caracterizan por tener altos contenidos de fibras (Tobal, 1999). Los componentes

fundamentales en los ensayos de digestibilidad *in vitro*: el sustrato, licor ruminal y el tampón o buffer que es saliva artificial.

**Por solubilidad Tilley y Terry:** visto como uno de los procedimientos más empleados de manera rutinaria por los laboratorios y su uso en específico es con los animales rumiantes. Para establecer con precisión la digestibilidad, las muestras derivadas de animales fistulados primero son sometidas a una acción ruminal y luego a la acción pepsina.

En relación con la primera etapa, la muestra de alimento finamente molido se incuba en condiciones anaeróbicas durante 48 h en un tubo que alberga las propiedades del líquido ruminal y los procesos secuenciales del sistema digestivo. En la segunda etapa de la acción pepsina, las bacterias son eliminadas mediante la adición del medio con ácido clorhídrico, alcanzando un pH de dos, y se digiere sometiendo a incubación con pepsina durante 48 h. El residuo insoluble se filtra, deseca e incinera; restando el material orgánico existente en el alimento como resultado se obtiene una estimación de materia orgánica digerida (Mc Donald *et al.*, 2006).

**Método enzimático:** es una de las técnicas más costosas para su determinación de digestibilidad, se desarrolla en laboratorios, las muestras recuperadas a partir de los animales canulados se emplean diferentes enzimas (la pepsina, la tripsina y la celulosa) con la finalidad de reproducir la actividad celulítica de los rumiantes (Shimada, 2003). La enzima celulosa proveniente del hongo *Aspergillus niger* es la más utilizado para estimar la digestibilidad de los forrajes debido a su mayor precisión, repetibilidad y su menor tiempo en digestión, por lo que se considera efectivo y en algunos estudios hasta superior del método *in vitro* (Arce *et al.*, 2003).

**Producción de gas:** es una técnica menos costosa, rápida y similar al resto de digestibilidad *in vitro*, el sustrato molido se mezcla con inoculo ruminal para medir la producción de gas y a las 24 h de fermentación el método mide la digestión de carbohidratos solubles e insolubles, y la proteína cruda tiene una influencia negativa (Navarro y Roa, 2018). En la fermentación los carbohidratos empiezan a producir ácidos grasos de cadena corta como; el acetato, propionato, butirato y los gases metano dióxido de carbono e hidrogeno (Getachew *et al.*, 2004).

### **5.2.7 Factores que afectan la digestibilidad**

En la determinación de la digestibilidad de un alimento o dieta, existen diversos factores que pueden influir sobre esta, los cuales se mencionan a continuación:

#### **a. Composición de los alimentos**

La digestibilidad de los alimentos varía de acuerdo a su composición química de la planta y está directamente relacionado con la etapa de madurez. Conforme la planta sea madura, desciende la cantidad de proteína y azúcares, sin embargo, se eleva las cantidades de fibra (celulosa, hemicelulosa y lignina), lo cual incide en la digestibilidad y además la poca proteína que presenta esta directamente ligada a la pared celular. En animales no rumiantes los nutrientes de los alimentos están estrechamente unidas a las proteínas y aminoácidos hace que presente variaciones en su digestibilidad (Bondi, 1989).

Los efectos de la asociatividad de alimentos afectan negativamente la digestibilidad y es más notorio cuando un alimento fibroso con bajos niveles de proteína y energía se suministra con concentrado rico en proteínas y energía (Mc Donald *et al.*, 1979).

#### **b. Preparación de los alimentos**

Los diferentes procesos que sufren los alimentos antes de ser suministrados al animal son el corte, troceado, aplastamiento, molienda y cocción con la finalidad de maximizar la digestibilidad. Los alimentos groseros al someter a diversos tratamientos con el fin de reducir el tamaño, como la compresión, facilita la creación de bloques de forma redonda o cuadrada y no tienen impactos sobre la digestibilidad. Asimismo, los tratamientos térmicos más eficaces se aplican con la finalidad de inactivar los inhibidoras de enzimas existentes en algunos alimentos (Mc Donald *et al.*, 2006).

#### **c. Suplementación con alimentos**

Los animales no rumiantes se caracterizan, debido a que no realizan la rumiación y no tiene la capacidad de degradar a la totalidad los componentes de un alimento. Sin embargo, con la adición de un suplemento enzimático (generalmente de origen fúngico) se mejora la digestibilidad (Mc Donald *et al.*, 2006).

Asimismo, Mc Donald *et al.*, (2006) indican, acerca del enzima recomendable basado a las investigaciones anteriores con efectos positivos es la  $\beta$ - Glucanasa añadida a la ración que contienen cebada, para gallinas. Si esta enzima queda fuera de la digestión se identifica por las heces excretadas en forma de geles “heces pegajosas” y una de las desventajas de los glucanos es que dificulta la digestión de otros componentes de la ración, de modo que la destrucción enzimática determina una mejora general de la digestibilidad.

#### **d. Factores dependientes de los alimentos**

La digestibilidad está vinculada directamente con el alimento, que con el animal que lo consume, pero es imprescindible el factor animal y la especie al que pertenece. Los alimentos con niveles bajos de fibra son bien aceptados y digeridos por los animales rumiantes y no rumiantes, a diferencia de los alimentos fibrosos son mejor digeridos por los rumiantes (Mc Donald *et al.*, 2006).

### **5.2.8 Tipos de la digestibilidad**

#### **a. Digestibilidad aparente**

Mediante esta digestibilidad se puede obtener valores de los diferentes nutrientes del alimento o dieta, pero podrían carecer de significado para las vitaminas y algunos minerales, ya que estas se administran en mínimas cantidades a la dieta, por ende, son sintetizados por los microorganismos del tracto intestinal (Church *et al.*, 2002).

La cantidad total de heces colectadas incluye no sólo los residuos de alimento sin digerir sino también las fuentes endógenas (células desprendidas de la mucosa intestinal y secreciones digestivas) del mismo animal, esta fracción es indistinguible de la porción sin digerir de los nutrientes ingeridos (Parra y Gómez, 2009).

Por consiguiente, las cifras obtenidas en los experimentos de digestibilidad reciben el nombre de coeficiente de digestibilidad aparente, el cálculo se hace de la diferencia entre la cantidad de nutriente consumido y la cantidad de nutriente excretado en las heces fecales (Mc Donald *et al.*, 1979).

$$D. A. (\%) = \frac{I. N - N. H}{I. N} \times 100$$

Donde:

D.A. : Digestibilidad aparente

I.N : Ingestión de nutrientes

N.H : Nutriente en las heces

## **b. Digestibilidad verdadera**

La digestibilidad real de un nutriente es la proporción del alimento ingerido que es absorbido en el tracto intestinal, sin considerar los aportes provenientes de fuentes endógenas. Al nutriente fecal que proviene directamente del alimento consumido por el animal se le conoce como nutriente exógeno, la mucosa intestinal, microorganismos y secreciones digestivas (endógeno) se conoce como nutriente metabólico fecal (Church *et al.*, 2002).

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

### **5.2.9 El maíz**

El maíz (*Zea mays L.*) es una planta herbácea procedente de América y reconocida como uno de los cultivos de alimentos más antiguos que existen. Pertenece a la tribu Gramíneas y Maydeas, es la única especie cultivada de este género (Narro y Piña, 2021).

En la actualidad, el maíz se cultiva en la mayoría de los países, destacando en Estados Unidos, China y Brasil. Además, es el tercer producto agrícola de mayor relevancia (después del trigo y el arroz). Y a nivel del continente americano se estima que existen 260 razas, el 90% del total de las razas son de la región Andina. En el Perú se ha identificado 55 razas de maíz fueron adaptadas en los diferentes ecosistemas del país han pasado por un proceso de adaptación a un ambiente determinado como en caso del maíz blanco gigante de Cusco está dentro de las razas derivadas de las primeras (Justiniano, 2010).

### **5.2.10 Maíz Blanco Gigante de Cusco (MBGC)**

El maíz blanco gigante Cusco (MBGC) conocido a nivel local por su nombre en quechua, Paraqay Sara traducido al castellano significa maíz blanco con granos grandes y anchos, que pertenece a la variedad blanco Urubamba Cusco gigante

(Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2008).

Quevedo, (2013) menciona que, la producción de maíz se habita principalmente en el Valle de Urubamba o Valle sagrado de los Incas, donde abarca los márgenes del Río Vilcanota, departamento de Cusco, en las provincias de Calca y Urubamba a una altitud de 2,750 y 2,950 m.s.n.m. En el Perú los departamentos que cultivan esta raza con mayor relevancia son Cusco, Cajamarca y las partes bajas de Junín, Huancavelica y Ancash. También sembrado en forma forzada en bajas altitudes en la costa peruana y en alturas sumamente elevadas del valle del Mantaro.

#### **a. Características morfológicas de maíz Blanco Gigante de Cusco**

Es una variedad representativa de maíz originario del departamento de Cusco y se distinguen por contar con tallo grueso sin hijuelos de color rojo claro con 10 hojas y por ser una planta tardía, floreciendo a los 140 días y midiendo de 2 a 3 metros de altura. Su mazorca es caracterizada por ser grande, gruesa y elipsoidal, llegando a medir 18 cm de largo y 7 cm de diámetro aproximadamente, generalmente presenta ocho hileras de granos grandes, suaves, blancos, circulares, harinosos y de poco espesor (Quevedo, 2013).

#### **5.2.11 Chala de maíz**

La chala o también denominado rastrojo es el material residual obtenido después de cosechar el cultivo o extraer el fruto comestible, conformada por el tallo, hoja, mazorca y panoja de la planta del maíz. Con respecto a la proporción del rendimiento de rastrojo/grano de maíz por hectárea es de 53.4% de rastrojos y 46.6% grano (Manterola *et al.*, 1999).

- a. Tallo:** Tiene una forma cilíndrica y leñosa, erguido hueca con un fino rayado longitudinal. Dependiendo de la variedad el tallo puede tener de 20 a 30 nudos y los tallos pueden alcanzar los 03 metros de altura.
- b. Hojas:** Las hojas son laminas foliares largas que se forman a partir de yemas que se encuentran en los nudos del tallo, su totalidad de hojas depende de la variedad y del número de nudos que forman el tallo.
- c. Panoja:** es la porción terminal del tallo principal, inflorescencia masculina que se encarga de la producción del polen.

d. **Mazorca:** en cada base de la hoja se encuentra una yema axilar exactamente en los nudos la cual da origen la mazorca o inflorescencia femenina, conjunto de pancas, grano y marlo (Narro y Piña, 2021).

### 5.2.12 Composición química de la chala de maíz

**Tabla 2. Composición química de la chala de maíz**

Componente	Insumos	
	Chala de maíz*	Chala de maíz**
Materia seca (%)	92.65	88.07
Materia orgánica (%)	92.10	-
Proteína cruda (%)	5.66	5.03
Extracto etéreo (%)	-	0.55
Fibra cruda (%)	39.5	-
Cenizas (%)	7.90	6.53
FDN (%)	70.54	36.33
FDA (%)	42.60	31.81
Celulosa (%)	32.87	27.18
Lignina (%)	8.27	4.63
Hemicelulosa (%)	-	4.52

**Fuente:** Adaptado al Sánchez *et al.* (2012) \* y Torres *et al.* (2010) \*\*

### 5.2.13 Marlo de maíz

También conocido como coronta (Perú), olote (México), zuro y tusa (Colombia y Ecuador), se trata de un raquis robusto y sólido que representa el núcleo de la espiga que forma la mazorca de maíz. Se estima un rendimiento de 170 kg de olote o marlo por cada tonelada de maíz (Narro y Piña, 2021).

**Tabla 3. Proporción de los diferentes componentes de una planta de maíz**

<b>Estructura de la planta</b>	<b>% del peso seco del maíz</b>
Limbos o panoja	12.0
Tallos	17.6
Pedúnculos y espatas	8.9
<b>Total, caña</b>	<b>38.5</b>
Coronta	11.8
Grano	49.7
Espiga	61.5

**Fuente:** Manterola *et al.*, (1999).

#### 5.2.14 Composición química del marlo de maíz

**Tabla 4. Composición química del marlo de maíz**

<b>Composición química</b>	<b>Marlo de maíz</b>
Materia seca (%)	91.66
Materia orgánica (%)	-
Proteína cruda (%)	5.68
Extracto etéreo (%)	0.60
Fibra cruda (%)	-
Cenizas (%)	5.74
FDN (%)	69.84
FDA (%)	31.13
Celulosa (%)	26.47
Lignina (%)	4.66
Hemicelulosa (%)	38.71

**Fuente:** Torres *et al.* (2010)

## **VI. METODOLOGIA DEL ESTUDIO**

### **6.1 Lugar de estudio**

El trabajo experimental se realizó en las instalaciones del bioterio, ubicado en el área de laboratorio de suelos - granja K'ayra, perteneciente a la Facultad de Agronomía y Zootecnia, Escuela Profesional de Zootecnia de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco del Distrito de San Jerónimo - Cusco, a una latitud de 13°33'24"29" Sur, longitud 71°52'30"61" Oeste y una altitud de 3220 msnm.

### **6.2 Condiciones climáticas**

Temperatura promedio : 20 °C

Humedad relativa : 55 - 60%

### **6.3 Periodo de ejecución**

El presente trabajo de investigación tuvo una duración de 10 meses, a partir, del mes de febrero a noviembre, realizando las diferentes actividades como: la adecuación, desinfección del bioterio, adaptación de los animales al ambiente, elaboración de dietas experimentales, prueba de digestibilidad, análisis químico y redacción del documento.

### **6.4 Tipo de investigación**

El presente trabajo de investigación es de tipo exploratorio debido a que aborda un tema poco estudiado, se trata de conocer la digestibilidad de la chala de maíz y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco en cuyes en etapa de crecimiento. Y además se considera como investigación transversal debido a que se desarrolla en un solo tiempo.

#### **6.4.1 Nivel de investigación**

La profundidad que refleja el presente estudio, es de nivel de investigación aplicada, se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como

resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad resolver problemas (Hernández, 2014).

#### **6.4.2 Diseño de investigación**

El trabajo de investigación es experimental, se sometió la chala de maíz y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco en cuyes de crecimiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen sobre la digestibilidad (variable dependiente).

#### **6.4.3 Enfoque de investigación**

El enfoque de la investigación es cuantitativo, debido a que realiza recolección de datos para responder preguntas específicas y validar hipótesis mediante mediciones numéricas y análisis estadístico, con el objetivo de establecer pautas de comportamiento y probar teorías (Hernández, 2014).

### **6.5 Materiales y equipos**

#### **6.5.1 Equipos y materiales del bioterio**

- 21 jaulas metabólicas de material acero inoxidable con las siguientes características: 40 cm de largo, 25.5 cm de ancho y 25.5 cm de alto, en cada jaula se ha adecuado un comedero metálico, bebedero tipo chupón, piso de malla galvanizada y por la parte inferior una bandeja de colección de heces y orina por separado
- Balanza de precisión electrónica capacidad de 30kg/1gr y 15kg/1gr.
- Congeladora de -20 °C, modelo CH40 Coldex
- Refrigeradora Samsung Digital Inverter (5 °C y -17 °C)
- Bolsas de plástico transparentes

#### **6.5.2 Equipos y materiales de laboratorio**

- Balanza analítica con 0.001 gr de error
- Mufla de incineración a 550 °C
- Estufa de convección a 120 °C

- Crisol de material porcelana
- Envases de papel aluminio
- Pinzas para crisoles de material hierro cromado
- Desecador de vidrio con tapa
- Alcohol de 96° y papel toalla
- Mandil blanco, gorra y barbijo
- Guantes quirúrgicos

### 6.5.3 Material biológico

Durante el trabajo experimental se utilizaron 21 cuyes entre machos y hembras mejorados, con un peso vivo promedio de  $650 \pm 35$  g y de dos meses de edad, procedentes de un mismo centro de producción de Urubamba y se realizó la distribución al azar por cada jaula metabólica, para formar grupos de tres tratamientos con siete repeticiones, como se observa en la Tabla 5.

**Tabla 5. Distribución de dietas experimentales para la determinación de la digestibilidad en cuyes**

Dietas Experimentales	Número de animales
Dieta basal 100% (Dbasal)	7
Dieta basal 70% + Chala de maíz 30% (DCM)	7
Dieta basal 70% + Marlo de maíz 30% (DM)	7

- **Codificación de los cuyes.** El material biológico conformado por 21 animales, donde se codificó con números del 1 al 21 correspondiente distribuidas en cada jaula metabólica, con el objetivo de identificar cada tratamiento, llevar el control y registro adecuado.

### 6.6 Materias primas de estudio

La chala y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco, provenientes del Valle Sagrado de Urubamba, ambas materias primas fueron expuestas a un molino con la finalidad moler

e incluir en la formulación de dietas experimentales con un nivel de inclusión del 30% de chala maíz y 30% del marlo de maíz en la dieta basal.

El uso del 30% son recomendaciones para evaluar subproductos de residuos de cosecha en la alimentación de animales monogástricos que poseen saco ciego desarrollado (Villamide *et al.*, 2010).

## 6.7 Dietas experimentales

**Tabla 6. Insumos empleados en la preparación de las dietas experimentales (Dbasal, DCM y DM) para la evaluación de la digestibilidad en cuyes**

Ingredientes	Dbasal		DCM		DM	
	%	Kg	%	Kg	%	kg
Chala maíz	-	-	30.00	4.5	-	-
Marlo de maíz	-	-	-	-	30.00	4.5
Maíz amarillo	15.54	2.250	10.91	1.551	10.91	1.551
Harina de cebada	10.36	1.500	7.42	1.034	7.42	1.034
Afrecho de trigo	10.89	1.576	7.60	1.086	7.60	1.086
Torta de soya 46	29.61	4.286	20.50	2.953	20.50	2.953
Harina de alfalfa	29.42	4.259	20.30	2.935	20.30	2.935
Aceite de soya	4.01	0.581	2.80	0.400	2.80	0.400
L-Lisina HCL	0.03	0.004	0.02	0.003	0.02	0.003
L-Arginina	0.14	0.020	0.10	0.014	0.10	0.014
<b>Mezcla correctora</b>						
Fosfato bicálcico	0.27	0.397	0.27	0.397	0.27	0.397
Cloruro sódico	0.02	0.033	0.02	0.033	0.02	0.033
Bicarbonato sódico	0.01	0.019	0.01	0.019	0.01	0.019
Corrector Oligo-Vita	0.05	0.075	0.05	0.075	0.05	0.075
<b>SUMA</b>	<b>100.0</b>	<b>15.0</b>	<b>100.0</b>	<b>15.0</b>	<b>100.0</b>	<b>15.0</b>

**Nota:** Dbasal: Dieta basal; DCM: Dieta chala maíz y DM: Dieta marlo de maíz.

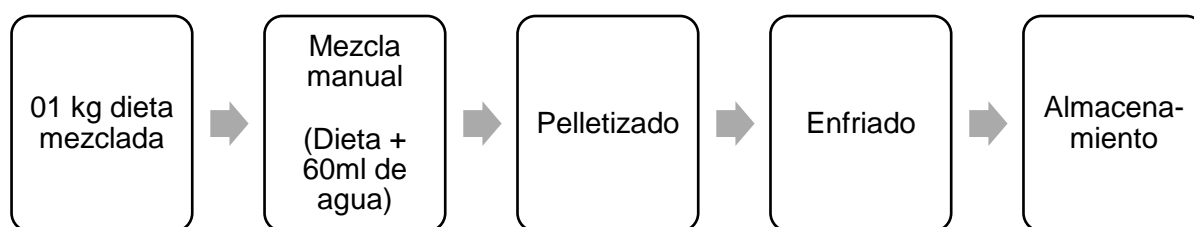
### 6.7.1 Elaboración de dietas experimentales

Las dietas se han elaborado en la unidad de alimentación animal de la Escuela Profesional de Zootecnia, en una cantidad de 15 kg por dieta (basal, chala de maíz y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco), realizando la mezcla de manera manual e independientemente con la finalidad de evitar la contaminación entre las mismas.

Adicionando vitamina C en una concentración de 5 g por 15 kg de alimento en cada una de las dietas.

### a. Proceso de peletización

El proceso de peletización se realizó en la planta de procesamiento de alimentos para animales de la Escuela profesional de Zootecnia, durante el proceso se utilizó una peletizadora mecánica de las siguientes características: dos rodillos y gránulos de 0.70 x 0.25 cm. En cuanto a la obtención del pellet, se tomó en consideración la dureza y la uniformidad del tamaño de los gránulos.



**Tabla 7. Composición química de las dietas experimentales evaluadas (%MS)**

Nutrientes	Dietas experimentales		
	Dbasal	DCM	DM
MS, (%)	92.96	93.56	93.52
PC, (%)	25.01	19.30	18.97
EE, (%)	3.82	4.68	3.58
CE, (%)	7.96	8.70	7.26
FC, (%)	25.8	27.5	24.8
ELN, (%)	37.41	39.82	45.39
EB, kcal/kg MS	4,462	4,370	4,395

**Nota:** 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; DCM: dieta chala maíz y DM: dieta marlo.

## 6.8 Métodos

### 6.8.1 Prueba de digestibilidad

La prueba de digestibilidad se realizó por el método de digestibilidad *in vivo* que tuvo una duración de 15 días, distribuidos en dos fases: fase de adaptación (10 días) y fase experimental (5 días).

### **6.8.2 Fase de adaptación**

Esta fase tuvo una duración de 10 días para ello, los animales fueron debidamente registrados y pesados, distribuidos al azar a las jaulas metabólicas individuales para su adaptación a las nuevas condiciones de manejo y alimentación. Se administró las dietas entre las 08:00 a 09:00 h, frecuencia diaria y de manera progresiva hasta llegar a incluir 100% y por otro lado se redujo el ofrecimiento del alimento (dieta comercial peletizado) que venía consumiendo el cuy con anterioridad.

### **6.8.3 Fase de experimentación**

La fase de experimentación duró cinco días y se proporcionaron al 100% de las dietas experimentales, tomando nota de las siguientes:

#### **b. Registro de peso**

Se procedió al registro de pesos de los animales experimentales durante el día 1 (peso inicial) y el día 5 (peso final).

#### **c. Alimento consumido**

Primeramente, se realizó la desinfección general de los comederos, y seguidamente se registró los datos para determinar el alimento consumido, para ello se pesó los comederos vacíos y después se administró para toda la fase de experimentación la cantidad de 400 g de dietas experimentales. Para determinar el consumo de alimento total se calculó por diferencia entre el alimento proporcionado el primer día y el alimento sobrante el quinto día.

#### **d. Suministro de agua**

El ofrecimiento del agua fue *ad libitum* distribuidas mediante tubos de polietileno, dispensados mediante bebederos tipo chupón a cada unidad experimental.

#### **e. Ventilación, control de temperatura y humedad relativa**

La instalación del bioterio fue equipada con un sistema de ventilación programadas en 03 horarios por día (08:00, 12:00 y 18:00 h) con una duración de 30 min, temperatura controlada bajo control electrónico a 20 °C y con una humedad relativa entre 55 - 60%.

#### **f. Colección de heces**

Para la colección de heces se programó un horario fijo por las mañanas (08:00 a.m.), para ello las bandejas colectoras de heces deberán de estar limpias, desinfectadas (cloro) y colocadas de manera correcta. Se realizó la colecta de heces cada día por cuy de manera independiente en bolsas de polietileno debidamente codificados (número de dieta) y rápidamente se congelaron a -20 °C.

### **6.9 Determinación del peso seco de las heces**

Posterior a la colecta se procedió a la limpieza de las heces que consiste en separar por completo los pelos de las heces colectadas, después se agrupó las heces por cuy de los días colectados para tener una muestra por animal, para la determinación del peso seco se expuso a un horno, con temperatura promedio de 65 °C aproximadamente por 48 h hasta lograr un peso estable y como resultado se obtuvo la cantidad total de heces producidas por los cinco días experimentales.

#### **6.9.1 Molienda y preparación de las muestras**

Una vez establecido el peso seco de heces, se llevó a cabo la molienda de las mismas, la dieta basal, dieta chala maíz, dieta marlo de maíz y materias primas de forma independiente en un molino eléctrico. Después, las muestras molidas se reservaron en recipientes de plástico, correctamente identificados y marcado para el análisis químico posterior.

### **6.10 Análisis químico**

Las muestras molidas: heces experimentales, materias primas (la chala y el marlo de maíz), dieta basal, dieta chala maíz y dieta marlo fueron analizados 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) con la finalidad de determinar (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).

Así mismo para determinar el contenido de energía bruta (EB) de las heces, materias primas (la chala y el marlo de maíz) y las dietas experimentales se analizaron en el laboratorio bromatológico del Instituto de Ciencia y Tecnología Animal de la Universidad Politécnica de Valencia, España; a través de calorimetría con bomba calorimétrica siguiendo los métodos de la AOAC (2002).

### **6.11 Determinación de la digestibilidad**

Las digestibilidades de Materia Seca (MS), Materia Orgánica (MO), Proteína Cruda (PC), Extracto Etéreo (EE), Fibra Cruda (FC), Extracto Libre de Nitrógeno (ELN), Ceniza (CE) y Energía Bruta (EB) de cada una de las dietas experimentales se determinaron mediante la diferencia entre las cantidades de nutrientes consumidas (I) y las cantidades de nutrientes eliminadas mediante las excreciones (E), de acuerdo a la siguiente fórmula:

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

Donde:

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

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

En relación a las digestibilidades aparentes de la Materia Seca (MS), Materia Orgánica (MO), Proteína Cruda (PC), Ceniza (CE), Fibra Cruda (FC), Extracto Libre de Nitrógeno (ELN) y Energía Bruta (EB) de cada una de las materias primas (la chala de maíz y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco) se estimó por el método de sustitución, que se basa en el principio de aditividad de las distintas materias primas incluidas en el alimento balanceado (Villamide *et al.*, 2010).

$$DMS_{mpx} = (DMS_{D2} - (DMS_{D1} \times 0.70)) / 0.30$$

Donde:

- DMS<sub>mp</sub> : Digestibilidad de materia seca de la Materia prima "Chala o marlo de maíz"
- DMS<sub>D2</sub> : Digestibilidad de materia seca de la dieta (Dieta chala de maíz o Dieta marlo de maíz)
- DMS<sub>D1</sub> : Digestibilidad de la materia seca de la dieta (Dieta basal)

### 6.12 Análisis estadístico

Los coeficientes de digestibilidad de Materia Seca (MS), Materia Orgánica (MO), Proteína Cruda (PC), Ceniza (CE), Fibra Cruda (FC), Extracto Libre de Nitrógeno (ELN) y Energía Bruta (EB) de la dieta basal, dieta chala de maíz y dieta marlo de maíz fueron analizados mediante un diseño complementario al azar, utilizando el procedimiento modelo lineal generalizado (GLM), para ello se usó el programa estadístico Statical Analysis System [SAS], (2016) y procesados mediante la prueba de Duncan (Steel y Torrie, 1985).

El método matemático a utilizar es:

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

Donde:

- $Y_{ij}$  : Es el registro del valor de CD del nutriente o ingestión
- $\mu$  : Media general de las observaciones
- $P_i$  : Efecto fijo de la  $i$ -ésima dieta (Dbasal, DCM y DM)
- $e_{ij}$  : Error aleatorio

Con respecto a los coeficientes de digestibilidades de MS, MO, PC, CE, FC, ELN y EB de las materias primas (chala de maíz y marlo de maíz blanco gigante de Cusco) y los valores nutritivos de energía digestible y proteína digestible fueron procesados mediante la prueba  $t$  - Student al 95% (Steel y Torrie, 1985).

La prueba t - Student para muestras independientes con varianzas iguales

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

Dónde:

$\bar{x}_1; \bar{x}_2$  : Medias muestrales de materia prima la chala maíz y el marlo de maíz

$n_1; n_2$  : Tamaño de muestra de materia prima la chala maíz y el marlo de maíz

$S_P$  : Desviación estándar combinada

La prueba t - Student para muestras independientes con varianzas desiguales

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

Donde:

$\bar{x}_1; \bar{x}_2$  : Medias muestrales de materia prima la chala maíz y el marlo de maíz

$s_1^2; s_2^2$  : Varianzas muestrales de materia prima la chala maíz y el marlo de maíz

$n_1; n_2$  : Tamaño de muestra de materia prima la chala maíz y el marlo de maíz

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 7.1 Composición química de la chala de maíz y del marlo de MBGC.

Los resultados de la composición química de la chala de maíz y del marlo de maíz blanco gigante de Cusco se presentan en el siguiente Tabla.

**Tabla 8. Composición química de la chala de maíz y del marlo de maíz blanco gigante de Cusco (%)**

Nutrientes, (%)	Materias primas	
	Chala de maíz	Marlo de maíz
MS (%)	89.20	89.62
MO (%)	84.27	86.86
PC (%)	6.28	5.26
EE (%)	3.26	1.14
CE (%)	4.93	2.76
FC (%)	33.40	36.20
ELN (%)	52.13	54.64
EB, (Kcal/Kg MS)	4,239	4,216

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

#### 7.1.1 Composición química de chala de MBGC

En la tabla 8 se muestra los resultados de la composición química de la chala de maíz blanco gigante de Cusco, de acuerdo al análisis se caracteriza por su nivel alto de fibra cruda 33.40%, mayor al valor reportado por Castro y Chirinos (2021) quienes obtuvieron 28.99% de FC. Con respecto, al contenido de MS fue 89.20%, similar a los valores reportados por Torres *et al.* (2010) y Alagón *et al.* (2019) quienes reportaron 88.07% y 90.34% de MS respectivamente. Sin embargo, mayor al valor reportado por Castro y Chirinos (2021) quienes reportaron 79.96% de MS.

El contenido de MO fue 84.27%, menor al valor reportado por Castro y Chirinos (2021) quienes obtuvieron 92.88% de MO. Asimismo, se determinó el contenido de PC 6.28%,

similar al valor reportado por Torres *et al.* (2010) quienes obtuvieron 5.03% y mayor al valor reportado por Alagón *et al.* (2019) quienes obtuvieron 4.86% de PC y menor al valor reportado por Castro y Chirinos (2021) quienes hallaron 9.36% de PC. Por otro lado, el contenido de EE fue 3.26%, es similar al valor reportado por Castro y Chirinos (2021) quienes reportaron 2.57% de EE; y mayor a los valores reportados por Alagón *et al.* (2019) y Torres *et al.* (2010) quienes hallaron 0.55% y 0.55% de EE. Asimismo, se halló el contenido de ceniza con 4.93%, menor a los valores reportados por Castro y Chirinos 2021; Torres *et al.*, 2010 y Alagón *et al.*, 2019 quienes obtuvieron 7.12%; 6.53% y 6.34% de CE respectivamente.

En cuanto al contenido de extracto libre de nitrógeno fue 52.13%, valor similar reportado por Castro y Chirinos (2021) quienes obtuvieron 51.96% de ELN. Asimismo, el contenido de EB fue 4,239 Kcal/Kg MS.

De acuerdo a Torres *et al.* (2010) la chala de maíz es un residuo de la cosecha de maíz, se distingue por su elevado contenido en fibra (FND y FAD), su reducido contenido de proteína bruta que está directamente asociado con la pared celular. Por lo tanto, puede ser utilizada parcialmente por la acción fermentativa de microorganismos presentes en el rumen, así como en el saco ciego de algunos monogástricos. La composición química de la chala de maíz puede variar en función de la madurez de la planta, las partes de la planta (hojas, tallos, mazorca y marlo), la variedad de maíz, el lugar en el que se cultiva, la duración y la temperatura del secado.

### **7.1.2 Composición química del marlo de MBGC**

Los resultados de la composición química del marlo de maíz blanco gigante de Cusco se detallan en la (tabla 8), reportando el contenido de materia seca 89.62%, menor al valor reportado por Torres *et al.* (2010) quienes hallaron 91.66% de MS, sin embargo, mayor al valor reportado por Rosales y Tang (1966) quienes obtuvieron 84.70% de MS. Además, en el presente trabajo de investigación el contenido de MO para marlo fue 86.86% y no habiendo reportes de otros autores.

El contenido de PC fue 5.26%, valor superior comparado con el valor reportado por Rosales y Tang, 1996 quienes hallaron 2.64% de PC y similar al valor reportado por Torres *et al.* (2010) quienes obtuvieron 5.68% de PC.

Respecto al contenido de extracto etéreo fue 1.14%, similar al valor reportado por Rosales y Tang (1996) quienes reportaron 1.62% de EE, sin embargo, valor superior reportado por Torres *et al.* (2010) quienes hallaron 0.60% de EE y menor al valor reportado por Bonilla y Usca (2015) quienes hallaron 3.41% de EE.

Por otro lado, se obtuvo ceniza con un contenido de 2.76%, y similar al valor reportado por Bonilla y Usca (2015) quienes hallaron 2.05% de CE, sin embargo, es menor al valor reportado por Torres *et al.* (2010) quienes obtuvieron 5.74% de CE y mayor al valor reportado por Rosales y Tang, (1996) quienes hallaron 1.41% de CE. Además, el contenido de fibra cruda fue 36.2%, superior al valor reportado por Rosales y Tang, (1996) quienes reportaron 30% de FC.

Por último, el contenido de extracto libre de nitrógeno fue 54.64%, menor al valor reportados por Rosales y Tang (1996) quienes reportaron 64.33% de ELN. Asimismo, el contenido de EB fue 4,216 Kcal/Kg MS diferente al valor reportado por Bonilla y Usca (2015) quienes hallaron 3,140 kcal/kg MS para residuos de maíz con tusa molida.

## **7.2 Digestibilidad de las dietas y materias primas**

### **7.2.1 Consumo y digestibilidad aparente de las dietas**

Los resultados del consumo (g MS/día) en gramos de MS por día, por animal y los coeficientes de digestibilidad (%) de MS, MO, PC, CE, FC, ELN y EB de las dietas experimentales se detallan en la Tabla 9.

**Tabla 9. Consumo (g MS/día), coeficiente de digestibilidad aparente (DA%) de las dietas**

Consumo y coeficiente de digestibilidad	Dietas experimentales					
	Dbasal	DCM	DM	CV	P-valor	Sig.
Consumo (g /MS/d)	51.23 <sup>b</sup> ± 9.82	59.08 <sup>a</sup> ± 9.68	63.32 <sup>a</sup> ± 10.11	17.05	0.0940	NS
CDMS (%)	77.21 <sup>a</sup> ± 0.69	66.33 <sup>b</sup> ± 0.71	66.83 <sup>b</sup> ± 2.44	2.17	0.0001	***
CDMO (%)	78.92 <sup>a</sup> ± 0.48	67.39 <sup>b</sup> ± 0.80	67.70 <sup>b</sup> ± 2.33	2.02	0.0001	***
CDPC (%)	80.52 <sup>a</sup> ± 0.86	74.75 <sup>b</sup> ± 0.94	74.93 <sup>b</sup> ± 1.94	1.74	0.0001	***
CDCE (%)	57.42 <sup>a</sup> ± 5.48	55.20 <sup>a</sup> ± 3.22	55.68 <sup>a</sup> ± 4.08	7.77	0.6130	NS
CDFC (%)	77.71 <sup>a</sup> ± 1.91	65.50 <sup>b</sup> ± 1.20	64.97 <sup>b</sup> ± 2.71	2.93	0.0001	***
CDELN (%)	80.03 <sup>a</sup> ± 0.29	66.85 <sup>b</sup> ± 5.31	68.39 <sup>b</sup> ± 8.34	2.44	0.0001	***
CDEB, (%)	77.44 <sup>a</sup> ± 0.79	67.03 <sup>b</sup> ± 0.80	67.46 <sup>b</sup> ± 2.31	2.10	0.0001	***

**Nota:** g/MS/día: gramos de materia seca por día; CDMS: coeficiente de digestibilidad de la materia seca; CDMO: coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica; CDPC: coeficiente de digestibilidad de proteína cruda; CDCE: coeficiente de digestibilidad de ceniza; CDFC: coeficiente de digestibilidad de la fibra cruda; CDELN: coeficiente de digestibilidad de extracto libre de nitrógeno; CDEB: coeficiente de digestibilidad de la energía bruta; Dbasal: dieta basal; DCM: dieta chala maíz; DM: dieta marlo; CV: coeficiente de variabilidad; <sup>abc</sup>: promedios con diferente letra en la misma fila son significativamente diferentes (P < 0.05) P-valor: valor de probabilidad; Sig: Nivel de significancia; \*\*\* P < 0.0001 y NS: no significativo.

Los consumos de la materia seca de las dietas experimentales no mostraron diferencias significativas (P > 0.05), obteniendo datos de consumos para la dieta chala maíz (DCM) con 59.07 ± 9.68 g/MS/día, y dieta marlo (DM) 63.32 ± 10.11 g/MS/día, sin diferencias estadísticas entre ellas, y superiores en 7.28 g de MS y 12.07 g de MS comparado con el consumo registrado en la dieta basal, (Dbasal) 51.23 ± 9.82 g/MS/día (ver Tabla 9). En ese entender, la inclusión del 30% de la chala de maíz y 30% del marlo de maíz, en la dieta basal mejoró el consumo de la MS, la misma que podría deberse al mayor contenido de energía en la dieta basal comparado con la dieta chala de maíz y del marlo de maíz que presentan menores contenidos de energía. Según Van Soest (1982) el consumo está directamente vinculado con la calidad de las materias primas y afecta directamente sobre la digestibilidad de los nutrientes, mientras que el consumo bajo reduce la velocidad de tránsito por el tracto digestivo hace que el tiempo de retención de

digesta aumente. Por lo que se incrementa la digestión, absorción y digestibilidad de nutrientes.

El coeficiente de digestibilidad de la materia seca (CDMS) en las dietas experimentales mostró diferencias notables ( $P < 0.05$ ), la dieta basal con  $77.21 \pm 0.69\%$ , fue superior comparado con la dieta de chala de maíz y dieta marlo de maíz, los cuales se reportaron con valores de  $66.33 \pm 0.71\%$  y  $66.83 \pm 2.44\%$ , no habiendo diferencias estadísticas entre ellas. La inclusión del 30% de chala maíz y 30% del marlo de maíz en la dieta basal influyo negativamente en la digestibilidad de materia seca. Por consiguiente, esto se podría deber al contenido de energía bruta y la fibra cruda en las dietas experimentales. Según Bondi (1989) la digestibilidad de los alimentos guarda estrecha relación con la composición química y la fracción fibra de los alimentos, que también afecta de manera negativa sobre la digestibilidad debido al grado de madurez, a medida que las plantas maduran, aumenta el contenido en la pared celular lo que disminuye el contenido soluble y la planta se hace menos digestible.

El coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica (CDMO) de las dietas experimentales fueron significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ), obteniendo para la dieta basal  $78.92 \pm 0.48\%$ , superior (ver Tabla 9) en 11.53% y 11.22% comparado con la dieta chala de maíz y dieta marlo de maíz con  $67.39 \pm 0.80\%$  y  $67.70 \pm 2.33\%$  respectivamente (ver Tabla 9), sin diferencias estadísticas entre ellas. Por consiguiente, la adición del 30% de chala maíz y 30% del marlo de maíz influyo negativamente en la digestibilidad de materia orgánica.

El coeficiente de digestibilidad de la proteína cruda (CDPC) en las dietas experimentales fueron significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ) (ver Tabla 9), reportándose la digestibilidad de la PC para la dieta basal  $80.52 \pm 0.86\%$ , superior comparado con la dieta chala maíz y dieta marlo de maíz con:  $74.75 \pm 0.94\%$  y  $74.93 \pm 1.94\%$ , respectivamente, sin diferencias estadísticas entre ellas. Por lo tanto, la adición del 30% de la chala maíz y 30% del marlo de maíz influyo negativamente en la digestibilidad de proteína cruda y asimismo esto se podría atribuirse al elevado contenido de proteína cruda en la dieta

basal en comparación con la dieta chala de maíz y la dieta marlo de maíz, que poseen una cantidad reducida de proteína.

El coeficiente de digestión de la ceniza (CDCE) de las dietas experimentales no mostró diferencias significativas ( $P>0.05$ ) (ver Tabla 9), obteniendo digestibilidad de CE con  $57.42 \pm 5.48\%$ ,  $55.20 \pm 3.22\%$  y  $55.68 \pm 4.08\%$ , para la dieta basal, dieta chala de maíz y dieta marlo. La adición del 30% de la chala de maíz y 30% del marlo de maíz no influyó en la digestibilidad de ceniza.

El coeficiente de digestión de la fibra cruda (CDFC) de las dietas experimentales fueron significativamente diferentes ( $P<0.05$ ), reportándose digestibilidad de la FC con  $77.71 \pm 1.91\%$  para la dieta basal, superior (ver Tabla 9), comparado con la dieta chala maíz y dieta marlo de maíz  $65.50 \pm 1.20\%$  y  $64.97 \pm 2.71\%$  respectivamente, sin diferencias estadísticas entre ellas. Lo cual nos indica que la adición del 30% de la chala de maíz y 30% del marlo de maíz influyó negativamente en la digestibilidad de fibra cruda. Además, esto podría atribuirse a la menor proporción de fibra cruda en la dieta basal en comparación con la dieta chala de maíz y la dieta marlo, que poseen un mayor contenido de fibra en crudo.

El coeficiente de digestibilidad de extracto libre de nitrógeno (CDELN) de las dietas experimentales fueron significativamente diferentes ( $P<0.05$ ) (ver Tabla 9) reportándose digestibilidad de ELN con  $80.03 \pm 0.29\%$  para la dieta basal, superior comparado con la dieta chala de maíz y dieta marlo con  $66.85 \pm 5.31\%$  y  $68.39 \pm 8.34\%$ , respectivamente, sin diferencias estadísticas entre ellas. Lo cual nos indica que la adición del 30% de la chala de maíz y 30% del marlo de maíz influyó negativamente en la digestibilidad de extracto libre de nitrógeno. Consiguientemente, esto se podría atribuirse a la reducida presencia de extracto libre de nitrógeno en la dieta basal en comparación con las dietas chala de maíz y el marlo de maíz, las cuales tienen un mayor contenido de ELN.

El coeficiente de digestibilidad de la energía bruta (CDEB) de las dietas experimentales fueron significativos diferentes ( $P<0.05$ ) (ver Tabla 9), reportándose la digestibilidad de la energía bruta (DEB) de  $77.44 \pm 0.79\%$  para la dieta basal, superior comparado con la dieta chala de maíz y dieta marlo de maíz con  $67.03 \pm 0.80\%$  y  $67.46 \pm 2.31\%$

respectivamente, sin diferencias estadísticas entre ellas. Sin embargo, la adición del 30% de la chala maíz y 30% del marlo de maíz influyo negativamente en la digestibilidad de energía bruta.

## 7.2.2 Digestibilidad aparente de las materias primas

La tabla 10 muestra los resultados de los coeficientes de digestibilidad aparente (%) de la MS, MO, PC, CE, FC, ELN y EB de la chala maíz y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco.

**Tabla 10. Coeficiente de digestibilidad aparente (CDA%) de la chala y del marlo de maíz blanco gigante de Cusco**

Digestibilidad aparente (%)	Materias primas			
	MPCM	MPMM	Pr t	SIG.
CDMS	41.52 ± 2.34	43.26 ± 7.98	0.5915	NS
CDMO	41.10 ± 2.62	42.23 ± 7.60	0.7219	NS
CDPC	22.38 ± 9.47	14.50 ± 22.89	0.1298	NS
CDCE	50.13 ± 10.56	51.72 ± 13.33	0.8067	NS
CDFC	37.66 ± 3.95	38.45 ± 8.86	0.7980	NS
CDELN	36.81 ± 5.31	41.99 ± 8.34	0.1914	NS
CDEB	40.81 ± 2.70	41.87 ± 7.84	0.7308	NS

**Nota:** CDMS: coeficiente de digestibilidad de la materia seca; CDMO: coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica; CDPC: coeficiente de digestibilidad de proteína cruda; CDCE: coeficiente de digestibilidad de ceniza; CDFC: coeficiente de digestibilidad de la fibra cruda; CDELN: coeficiente de digestibilidad de extracto libre de nitrógeno; CDEB: coeficiente de digestibilidad de la energía bruta; MPCM: materia prima chala maíz; MPMM: materia prima marlo de maíz y Pr|t|: probabilidad de la Prueba t.

El coeficiente de digestibilidad de materia seca (CDMS) de las materias primas: la chala de maíz y marlo de maíz no fueron significativamente diferentes ( $P > 0.05$ ) (ver Tabla 10), reportando digestibilidad de MS para chala de maíz con  $41.52 \pm 2.34\%$  y marlo de maíz con  $43.26 \pm 7.98\%$ . Los hallazgos obtenidos en este presente estudio de investigación fueron distintas con lo reportado por Castro y Chirinos (2021) quienes obtuvieron  $57.38\%$  de digestibilidad de materia seca para chala de maíz. Esto se podría deberse a que ambas materias primas tienen alto contenido de fibra en su composición química.

El coeficiente de digestibilidad materia orgánica (CDMO) de las materias primas: la chala de maíz y del marlo de maíz no fueron significativos diferentes ( $P>0.05$ ) (ver Tabla 10), reportando para la materia prima la chala de maíz y el marlo de maíz con  $41.10 \pm 2.62\%$  y  $42.23 \pm 7.60\%$ , valores diferentes con lo reportado por Castro y Chirinos (2021) quienes obtuvieron 54.04% de digestibilidad de materia orgánica para chala de maíz. El incremento o disminución de la digestibilidad de la ceniza varía principalmente al contenido de ceniza.

El coeficiente de digestibilidad de proteína cruda (CDPC) de las materias primas: la chala de maíz y del marlo de maíz no fueron significativamente diferentes ( $P>0.05$ ) (ver Tabla 10), reportando para la materia prima de la chala maíz y del marlo de maíz con  $22.38 \pm 9.47\%$  y  $14.50 \pm 22.89\%$  de digestibilidad de proteína cruda y la diferencia se podría deberse a la cantidad de proteína ligada directamente a la pared celular. Asimismo, Torres *et al.* (2010), mencionan que los residuos de la cosecha de maíz se distinguen por su elevado nivel de fibra y su reducido contenido de proteína bruta.

El coeficiente de digestibilidad de ceniza (CDCE) de las materias primas: la chala de maíz y el marlo de maíz no fueron significativamente diferentes ( $P>0.05$ ) (ver Tabla 10), reportando la digestibilidad de CE para chala maíz y marlo con  $50.13 \pm 10.56\%$  y  $51.72 \pm 13.33\%$  respectivamente.

El coeficiente de digestibilidad de fibra cruda (CDFC) de las materias primas: la chala de maíz y el marlo de maíz no fueron significativamente diferentes ( $P>0.05$ ) (ver Tabla 10), reportando digestibilidad de FC para la chala de maíz y el marlo de maíz con  $37.66 \pm 3.95\%$  y  $38.45 \pm 8.86\%$ , valores diferentes con lo reportado por Castro y Chirinos (2021) quienes obtuvieron 57.91% de digestibilidad de fibra cruda para chala de maíz.

El coeficiente de digestibilidad de extracto libre de nitrógeno (CDELN) de las materias primas: la chala de maíz y el marlo de maíz no fueron significativamente diferentes ( $P>0.05$ ) (ver Tabla 10), reportando digestibilidad de ELN para la chala de maíz y el marlo de maíz con  $36.81 \pm 5.31\%$  y  $41.99 \pm 8.34\%$ .

El coeficiente de digestibilidad de energía bruta (CDEB) de las materias primas: la chala de maíz y el marlo de maíz no fueron significativamente diferentes ( $P>0.05$ ) (ver Tabla 10), reportando la digestibilidad de EB para la chala de maíz y el marlo de maíz con  $40.81 \pm 2.70\%$  y  $41.87 \pm 7.84\%$  respectivamente.

### 7.2.3 Nutrientes digestibles de las materias primas

Los niveles de nutrientes digestibles con respecto a la: proteína digestible (PD) y energía digestible (ED) de la chala maíz y del marlo de maíz se presentan en la Tabla 11.

**Tabla 11. Valores nutritivos de PD y ED (kcal/kg MS) de las materias primas**

Valores nutritivos	Materias primas			
	MPCM	MPMM	Pr t	SIG.
PD, %	$1.40 \pm 0.59$	$1.10 \pm 0.91$	0.4838	NS
ED, kcal/kg MS	$1,730 \pm 114.43$	$1,784.9 \pm 278.6$	0.6417	NS

**Nota:** PD: proteína digestible; ED: energía digestible; MPCM: materia prima chala de maíz; MPMM: materia prima marlo de maíz y Pr|t|: probabilidad de la Prueba t.

La proteína digestible (PD) de las materias primas en el presente estudio no fueron significativamente diferentes ( $P>0.05$ ) (ver Tabla 11), la chala maíz con (14 g PD/kg MS) y marlo con (11 g PD/kg MS), resultados similares, y esta se podría deberse al menor contenido de proteína cruda presentes en la chala de maíz y marlo de maíz blanco gigante de Cusco. Los datos obtenidos fueron diferentes a los datos reportados por Castro y Chirinos (2021) y Alagón *et al.* (2019) quienes reportaron 6.06% y 0.55% de PD para chala de maíz.

La energía digestible de las materias primas en el presente estudio no fue significativamente diferente ( $P>0.05$ ) (ver Tabla 11), la chala maíz con ( $1,730 \pm 114.43$  kcal/kg MS) valor diferente a los datos reportados por Castro y Chirinos (2021) y Alagón *et al.* (2019) quienes reportaron 2,696.34 Kcal/kg MS y 530.01 kcal/kg MS de ED para chala de maíz y por otro lado el valor nutritivo de energía digestible del marlo de maíz fue  $1,748.9 \pm 322.91$  kcal/kg MS. Esto se podría deberse al mayor contenido de fibra cruda en los subproductos de maíz.

## VIII. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se concluye que:

- a. La chala de maíz y el marlo de maíz blanco gigante del Cusco se caracterizan por un alto contenido de fibra cruda (33.40% y 36.20%, respectivamente) y bajos niveles de proteína cruda (6.28% y 5.26%), lo que los clasifica como materias primas fibrosas de bajo valor proteico.
- b. La digestibilidad aparente de la chala de maíz fue del 41.52% para la materia seca, 41.10% para la materia orgánica, 22.38% para la proteína cruda, 40.81% para la energía bruta, 37.66% para la fibra cruda, 36.81% para el extracto libre de nitrógeno y 50.13% para la ceniza. En el caso del marlo de maíz, la digestibilidad aparente fue de 43.26% para la materia seca, 42.23% para la materia orgánica, 14.50% para la proteína cruda, 41.87% para la energía bruta, 38.45% para la fibra cruda, 41.99% para el extracto libre de nitrógeno y 51.72% para la ceniza.
- c. La proteína digestible de la chala de maíz fue del 1.4%, mientras que en el marlo de maíz alcanzó el 1.1%. En cuanto a la energía digestible, la chala de maíz presentó un valor de 1,730 kcal/kg MS, y el marlo de maíz 1,784.9 kcal/kg MS.

## **IX. RECOMENDACIONES**

- a. Se recomienda realizar ensayos de digestibilidad de los subproductos de la cosecha de maíz, con diferentes niveles de inclusión en otras especies animales.
- b. Se recomienda utilizar como referencia los resultados de la composición química de la chala maíz y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco del presente estudio.
- c. Se recomienda realizar tratamientos físicos y químicos para mejorar la calidad nutricional y porcentajes de digestibilidad de los subproductos de la cosecha de maíz, esto para aprovechar los recursos disponibles.

## REFERENCIAS

- Alagón, G., Urquiza, D., Bravo, P., y Pareja, C. (2019). *Determinación de energía digestible y proteína digestible de materias primas utilizadas en la alimentación de Cuyes (Cavia porcellus L.)*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco.
- Arce P., C., Arbaiza F., T., Carcelén C., F., y Lucas A., O. (2003). *Estudio comparativo de la digestibilidad de forrajes mediante métodos de laboratorio*. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 14(1), 7-12. Recuperado de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172003000100002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172003000100002&lng=es&tlng=es).
- Association of Official Analytical Chemists. (2002). *Official Methods of Analysis of the AOAC International* (17th ed. ed.). Gaithersburg.
- Barrantes, C., Chauca, L., Falcon, P., y Reyna, A. ((06 al 08 de julio) 2016). *Cavy production in South America: Current situation and future trends. Proceedings of the International Cavies Symposium in Yaundé*. Camerún. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/322570161\\_Proceedings\\_of\\_the\\_International\\_Cavies\\_Symposium](https://www.researchgate.net/publication/322570161_Proceedings_of_the_International_Cavies_Symposium)
- Bondi, A. (1989). *Nutrición animal*. Zaragoza: ACRIBIA, S.A.
- Bonilla Quilumba, S., y Usca Méndez, J. (2015). *Utilización de diferentes niveles de maíz de desecho con tusa molida más melaza en la alimentación de cuyes*. Revista Ciencia UNEMI, 8(5), 96-101. doi: <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol8iss15.2015pp96-101p>
- Castro Bedriñana, J., y Chirinos Peinado, D. (2021). *Valor nutricional de algunas materias primas para alimentación de cuyes (Cavia porcellus)*. Transnational animal Science, 5(2), 1-11. doi: <https://doi.org/10.1093/tas/txab019>
- Chauca, L. (1997). *Producción de cuyes (Cavia porcellus)*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

- Church, D., Pond, W., y Pond, K. (2002). *Fundamentos de la Nutrición y Alimentación de Animales* (Segunda ed.). México: LIMUSA, S.A.
- Fuentes, J., Magaña, C., Suárez, L., Peña, R., Rodríguez, S., y Ortiz de la Rosa, B. (2001). *Análisis químico y digestibilidad "in vitro" de rastrojo de maíz (Zea mays L.)*. *Agronomía Mesoamericana*, 12(2), 189-192. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/26595508>
- Getachew, G., Robinson, P., De Peter, E., y Taylor, S. (2004). *Relationships between chemical composition, dry matter degradation and in vitro gas production of several ruminant feeds*. *Animal Feed Science and Technology*, 111(1-4), 57-71. doi: [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(03\)00217-7](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00217-7)
- Giraldo, L., Gutiérrez, L., y Rúa, C. (2007). *Comparación de dos técnicas in vitro e in situ para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales*. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, xx (3), 269-279. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=295023025005>
- Justiniano, E. (2010). *Fenología e intensidad de color en corontas del maíz morado (Zea mays l.) en sus diferentes estados de desarrollo en la localidad de La Molina* [Tesis de postgrado - Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio institucional-Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12996/1716>
- Manterola B., H., Cerda A., D., y Mira J., J. (1999). *Los residuos agrícolas y su uso en la alimentación de rumiantes*. Santiago de Chile: Universidad de Chile. Recuperado de <https://bibliotecadigital.fia.cl/handle/20.500.11944/1908>
- Mc Donald, P., Edwards, R., Greenhalgh, J., y Morgan, C. (1979). *Nutrición Animal* (Quinta ed.). Acribia, S.A.
- Mc Donald, P., Edwards, R., Greenhalgh, J., y Morgan, C. (2006). *Nutrición Animal* (Sexta ed.). ACRIBIA, S.A.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI]. (2023). *Cadena productiva de cuy*. Boletín, Lima. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.13036/1397>

- Narro León, T. P., y Piña Díaz, P. C. (2021). *Manual de producción de maíz amiláceo* (Primera ed.). Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA]. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12955/1310>
- Navarro Ortiz, C., y Roa Vega, M. (2018). *Comparación de la digestibilidad de tres especies forrajeras estimada mediante diferentes técnicas*. Revista Orinoquia, 12(1), 15-33. doi: <https://doi.org/10.22579/20112629.476>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (2008). *Calidad de los alimentos vinculada al origen y las tradiciones en América Latina: Estudios de casos*. En H. Riveros, E. Vandecandelaere, y F. Tartanac (Ed.). Agronegocios IICA. Recuperado el 12 de marzo de 2023, de <https://www.fao.org/3/au691s/au691s.pdf>
- Osorio Carmona, E., Giraldo Carmona, J., y Narváez Solarte, W. (2012). *Metodologías para determinar la digestibilidad de los alimentos utilizados en la alimentación canina*. Revista Veterinaria y Zootecnia (Online), 6(1), 87-97. Recuperado de <https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/vetzootec/article/view/4450>
- Parra S., J., y Gómez Z., A. (2009). *Importancia de la utilización de diferentes técnicas de digestibilidad en nutrición y formulación porcina*. Rev. MVZ Córdoba, 14(1), 1633-1641. doi:10.21897/rmvz.372
- Quevedo Willis, S. (2013). *Manual técnico: maíz Blanco Urubamba (Blanco Gigante Cusco)*. Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. Recuperado de <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/87>
- Rodríguez, N., Oliveira, E., y Guimarães, R. (2007). *Uso de Indicadores para estimar consumo y digestibilidad de pasto. LIPE, lignina purificada y enriquecida*. Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias, 20(4), 518-525. doi: <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.324210>
- Rosales, J., y Tang, T. (1996). *Composición química y digestibilidad de insumos alimenticios de la zona de Ucayali*. Folia Amazónica, 8 Núm. 2, 13-27. doi: <https://doi.org/10.24841/fa.v8i2.318>

- Sánchez Acosta, E., Ortega Cerrilla, M. E., Mendoza Martínez, G., Montañez Valdez, O., y Buntinx Dios, S. E. (2012). Rastrojo de maíz tratado con urea y metionina protegida en dietas para ovinos en crecimiento. *Asociación Inter ciencia*, 37(5), 395-399. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33922756011>
- Shimada Miyazaki, A. (2003). *Nutrición Animal* (Primera ed.). México: Trillas. Recuperado el 16 de mayo de 2022
- Statistical Analysis System [SAS]. (2016). *Introducción a la programación en SAS®Studio 3.5*. Institute Inc., USA. Obtenido de SAS.COM.
- Steel, R., y Torrie, J. (1985). *Bioestadística: Principios y procedimientos* (Segunda ed.). Bogotá - Colombia: McGraw-Hill Interamericana S.A. Recuperado de <http://arveja.awardspace.com>
- Tobal, F. (1999). *Evaluación de los alimentos a través de los diferentes métodos de digestibilidad*. Recuperado de <https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/5609>
- Torres G., G., Arbaiza F., T., Carcelén C., F., y Lucas A., O. (2009). *Comparación de las técnicas in situ, in vitro y enzimática (celulasa) para estimar la digestibilidad de forrajes en ovinos*. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, RIVEP*, 20(1), 5-9. Recuperado de [https://www.redalyc.org/articulo.oa?id =](https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=)
- Torres, J.; Zegarra, J. y Vélez, V.; (2010). *Tablas de composición química nutricional de alimentos y forrajes*. Arequipa: Universidad Católica de Santa María. Recuperado de Academia.edu.
- Van Soest, P. (1982). *Nutritional Ecology of the Ruminant* (Second Edition ed.). Ithaca: Cornell University Press.
- Villamide, M., Maertens, L., y de Blas, C. (2010). Feed Evaluation. En C. de Blas, y J. Wiseman (Edits.), *Nutrition of the rabbit* (Segunda ed., pág. 315). CABI.

## ANEXOS

### Anexo 1. Pesaje de los insumos y mezcla manual de dieta experimentales



### Anexo 2. Mezcla homogénea de las dietas experimentales



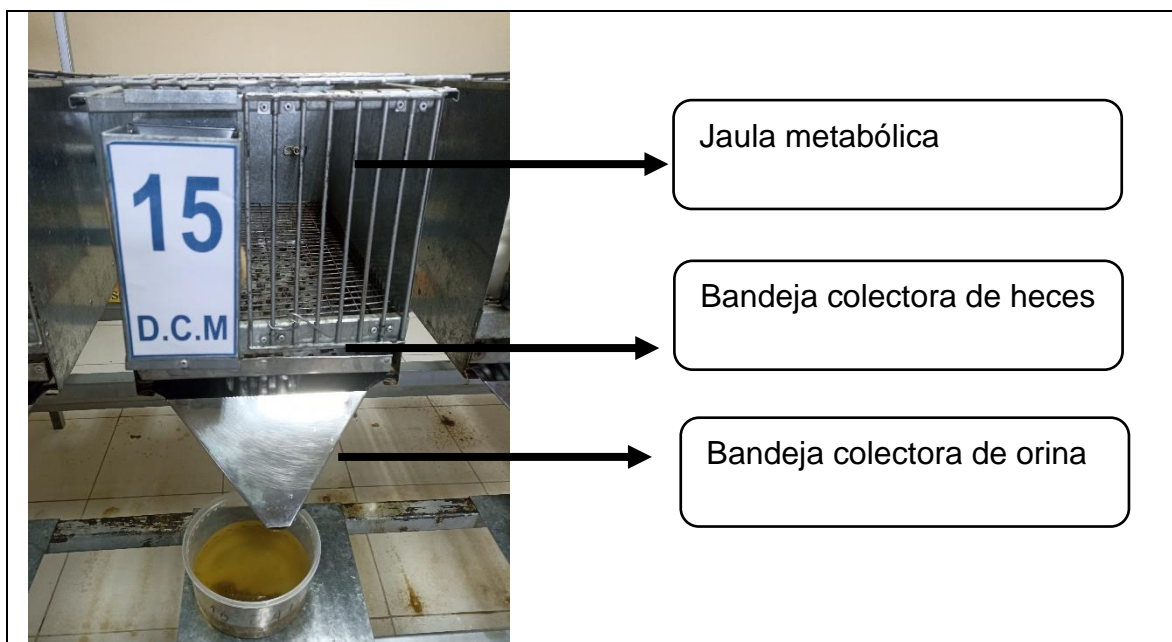
### Anexo 3. Proceso de peletización de las dietas experimentales



### Anexo 4. Obtención de pellets de la dieta basal, dieta chala maíz y dieta marlo.



## Anexo 5. Jaulas metabólicas de 40 x 25.5 x 25.5 cm



## Anexo 6. Ensayo de digestibilidad aparente



## Anexo 7. Colección total de heces



## Anexo 8. Identificación de las heces para su refrigeración y limpieza



## Anexo 9. Determinación del peso seco de las heces



## Anexo 10. Molienda de heces y materias primas la chala de maíz y marlo de maíz



**Anexo 11. Diferencia del peso vivo de los animales por dieta durante el presente trabajo de investigación**

<b>DIETAS</b>	<b>CODIGO</b>	<b>NCUY</b>	<b>PICUY</b>	<b>PFCUY</b>
<b>DIETA BASAL</b>	<b>1HDBMM</b>	<b>1 DBASAL</b>	<b>560</b>	<b>610</b>
<b>DIETA BASAL</b>	<b>5HDBMM</b>	<b>5 DBASAL</b>	<b>615</b>	<b>685</b>
<b>DIETA BASAL</b>	<b>9HDBMM</b>	<b>9 DBASAL</b>	<b>702</b>	<b>774</b>
<b>DIETA BASAL</b>	<b>13HDBMM</b>	<b>13 DBASAL</b>	<b>854</b>	<b>933</b>
<b>DIETA BASAL</b>	<b>17HDBMM</b>	<b>17 DBASAL</b>	<b>709</b>	<b>731</b>
<b>DIETA BASAL</b>	<b>21HDBMM</b>	<b>21 DBASAL</b>	<b>778</b>	<b>885</b>
<b>DIETA BASAL</b>	<b>25HDBMM</b>	<b>25 DBASAL</b>	<b>809</b>	<b>897</b>
<b>DIETA CHALA MAIZ</b>	<b>3HCM</b>	<b>3 DCM</b>	<b>596</b>	<b>651</b>
<b>DIETA CHALA MAIZ</b>	<b>7HCM</b>	<b>7 DCM</b>	<b>779</b>	<b>866</b>
<b>DIETA CHALA MAIZ</b>	<b>11HCM</b>	<b>11 DCM</b>	<b>681</b>	<b>744</b>
<b>DIETA CHALA MAIZ</b>	<b>15HCM</b>	<b>15 DCM</b>	<b>634</b>	<b>703</b>
<b>DIETA CHALA MAIZ</b>	<b>19HCM</b>	<b>19 DCM</b>	<b>608</b>	<b>655</b>
<b>DIETA CHALA MAIZ</b>	<b>23HCM</b>	<b>23 DCM</b>	<b>708</b>	<b>781</b>
<b>DIETA CHALA MAIZ</b>	<b>27HCM</b>	<b>27 DCM</b>	<b>862</b>	<b>933</b>
<b>DIETA MARLO</b>	<b>4HMM</b>	<b>4 DM</b>	<b>694</b>	<b>744</b>
<b>DIETA MARLO</b>	<b>8HMM</b>	<b>8 DM</b>	<b>796</b>	<b>866</b>
<b>DIETA MARLO</b>	<b>12HMM</b>	<b>12 DM</b>	<b>700</b>	<b>768</b>
<b>DIETA MARLO</b>	<b>16HMM</b>	<b>16 DM</b>	<b>704</b>	<b>754</b>
<b>DIETA MARLO</b>	<b>20HMM</b>	<b>20 DM</b>	<b>738</b>	<b>752</b>
<b>DIETA MARLO</b>	<b>24HMM</b>	<b>24 DM</b>	<b>786</b>	<b>831</b>
<b>DIETA MARLO</b>	<b>28HMM</b>	<b>28 DM</b>	<b>832</b>	<b>943</b>

## Anexo 12. Informe de análisis químico proximal de la dieta basal y heces



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD 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**  
 Nº0039-23-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 %
PBMM	7.04	92.96	16.28	3.82	7.96	25.80	49.14
1HDBMM	4.78	95.22	15.04	5.70	14.89	24.20	40.17
5HDBMM	4.70	95.30	14.46	5.88	14.37	23.60	41.99
9HDBMM	4.88	95.12	14.50	5.48	14.61	24.50	40.91
13HDBMM	4.61	95.39	13.74	6.10	15.72	28.10	36.34
17HDBMM	4.80	95.20	14.80	5.92	16.93	23.90	38.45
21HDBMM	4.88	95.12	14.38	5.66	11.73	26.80	41.43
25HDBMM	4.71	95.29	16.07	5.35	15.68	25.40	37.50

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

**Cusco, 16 de Febrero 2023**



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco  
 Unidad de Prestación de Servicios Analíticos

*[Firma]*  
**Beltrán Herrera Arístides**  
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO  
 DE ANÁLISIS QUÍMICO

**Leyenda:** PBMM: Pellet de dieta basal; 1HDBMM: heces de dieta basal cuyo número 1; 5HDBMM: heces de dieta basal cuyo número 5; 9HDBMM: heces de dieta basal cuyo número 9; 13HDBMM: heces de la dieta basal cuyo número 13; 17HDBMM: heces de la dieta basal cuyo número 17; 21HDBMM heces de la dieta basal cuyo número 21 y 25HDBMM: heces de la dieta basal cuyo número 25.

**Anexo 13. Informe de análisis químico proximal de chala maíz: dieta, materia prima y heces**

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

**INFORME DE ANÁLISIS**

N°0038-23-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 %
MPCM	6.38	93.62	3.02	3.26	4.93	33.40	55.39
PCM	6.44	93.56	13.00	4.68	8.70	27.50	46.12
3HCM	4.77	95.23	9.88	6.30	11.99	28.10	43.73
7HCM	4.74	95.26	9.52	5.95	11.83	28.80	43.90
11HCM	4.44	95.56	9.72	6.70	12.28	27.90	43.40
15HCM	4.49	95.51	9.58	6.46	12.72	29.60	41.64
19HCM	4.47	95.53	9.07	7.10	11.00	28.20	44.63
23HCM	4.01	95.99	9.60	6.88	10.75	28.50	44.27
27HCM	3.71	96.29	9.66	6.59	10.49	26.20	47.06

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

Cusco, 16 de Febrero 2023


  
 Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco  
 Unidad de Prestación de Servicios Académicos  
 LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO  
 Melquiades Herrera Arivilca  
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO

**Leyenda:** MPCM: materia prima de chala maíz; PCM: pellet dieta chala maíz; 3HCM: heces dieta chala maíz cuyo número 3; 7HCM: heces dieta chala maíz cuyo número 7; 11HCM: heces dieta chala maíz cuyo número 11; 15HCM: heces dieta chala maíz cuyo número 15; 19HCM: heces dieta chala maíz cuyo número 19; 23HCM: heces dieta chala maíz cuyo número 23 y 27HCM: heces dieta chala maíz cuyo número 27.

**Anexo 14. Informe de análisis químico proximal de marlo: 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**

N°0037-23-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 %
MPMM	6.09	93.91	2.81	1.14	2.76	36.20	57.09
PMM	6.48	93.52	12.56	3.58	7.26	24.80	51.80
4HMM	4.38	95.62	9.67	6.80	9.44	25.70	48.39
8HMM	4.53	95.47	9.75	7.12	9.89	26.60	46.64
12HMM	4.45	95.55	9.21	6.52	9.64	28.30	46.33
16HMM	4.27	95.73	9.84	6.44	9.45	25.70	48.57
20HMM	4.60	95.40	10.23	5.95	10.18	26.44	46.72
24HMM	4.57	95.43	10.30	6.70	9.75	25.92	47.33
28HMM	4.22	95.78	10.17	6.12	9.48	24.75	49.48

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

**Cusco, 16 de Febrero 2023**


 Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco  
 Unidad de Prestación de Servicios de Análisis  
  
 Melgarejos Herrera Arvilica  
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO

**Leyenda:** MPMM: materia prima de marlo; PMM: pellet dieta marlo; 4HMM: heces dieta marlo cuyo número 4; 8HMM: heces dieta marlo cuyo número 8; 12HMM: heces dieta marlo cuyo número 12; 16HMM: heces dieta marlo cuyo número 16; 20HMM: heces dieta marlo cuyo número 20; 24HMM: heces dieta marlo cuyo número 24 y 28HMM: heces dieta marlo cuyo número 28.



Duncan Agrupamiento	Media	N	DIETAS
A	78.9296	7	DBASAL
B	67.7043	7	DM
B	67.3982	7	DCM

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 proteína cruda de las dietas (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	150.7599681	75.3799841	41.93	<.0001
Error	18	32.3608234	1.7978235		
Total, corregido	20	183.1207916			

CV: 1.74

DPC dietas: Media= 76.73

Duncan Agrupamiento	Media	N	DIETAS
A	80.5246	7	DBASAL
B	74.9310	7	DM
B	74.7547	7	DCM

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 ceniza de las dietas (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	19.1365873	9.5682937	0.50	0.6130
Error	18	342.4774085	19.0265227		
Total, corregido	20	361.6139958			

CV: 7.77

DCE dietas: Media= 56.10

Duncan Agrupamiento	Media	N	DIETAS
A	57.427	7	DBASAL
A	55.688	7	DM
A	55.203	7	DCM

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 de fibra cruda de las dietas (%)**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	727.4719958	363.7359979	87.70	<.0001
Error	18	74.6566457	4.1475914		
Total, corregido	20	802.1286415			

CV: 2.93

DFC dietas: Media= 69.40

Duncan Agrupamiento	Media	N	DIETAS
A	77.718	7	DBASAL
B	65.507	7	DCM
B	64.976	7	DM

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 de extracto libre de nitrógeno de las dietas (%)**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	726.7202593	363.3601297	118.19	<.0001
Error	18	55.3364349	3.0742464		
Total, corregido	20	782.0566942			

CV: 2.44

DELN dietas: Media= 71.76

Duncan Agrupamiento	Media	N	DIETAS
A	80.0363	7	DBASAL
B	68.3989	7	DM
B	66.8587	7	DCM

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 energía bruta de las dietas (%)**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	485.7756434	242.8878217	110.06	<.0001
Error	18	39.7249590	2.2069422		
Total, corregido	20	525.5006023			

CV: 2.10

DEB dietas: Media= 70.65

Duncan Agrupamiento	Media	N	DIETAS
A	77.4484	7	DBASAL
B	67.4656	7	DM
B	67.0392	7	DCM

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

### Anexo 23. Prueba de t - Student para digestibilidad de materia seca de las materias primas la chala de maíz y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco (%)

MP	Método	Media	Media de CL al 95%		Dev std	Dev std de CL al 95%	
MPCM		41.5295	9.3667	43.6923	2.3386	1.5070	5.1497
MPMM		43.2629	5.8804	50.6453	7.9824	5.1438	17.5777
Diff (1-2)	Agrupado	-1.7334	8.5833	5.1165	5.8816	4.2176	9.7090
Diff (1-2)	Satterthwaite	-1.7334	9.1626	5.6959	Diff (1-2)		

Método	Varianzas	DF	Valor t	Pr >  t
Agrupado	Igual	12	-0.55	0.5915
Satterthwaite	Desigual	7.0224	-0.55	0.5985

Igualdad de varianzas				
Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Folded F	6	6	11.65	0.0087

### Anexo 24. Prueba de t - Student para digestibilidad de materia orgánica de las materias primas la chala de maíz y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco (%)

MP	Método	Media	Media de CL al 95%		Dev std	Dev std de CL al 95%	
MPCM		41.1069	38.6876	43.5263	2.6159	1.6857	5.7604
MPMM		42.2307	35.1980	49.2635	7.6042	4.9001	16.7450
Diff (1-2)	Agrupado	-1.1238	-7.7462	5.4985	5.6863	4.0775	9.3865
Diff (1-2)	Satterthwaite	-1.1238	-8.2328	5.9852			

Método	Varianzas	DF	Valor t	Pr >  t
Agrupado	Igual	12	-0.37	0.7180
Satterthwaite	Desigual	7.4005	-0.37	0.7219

<b>Igualdad de varianzas</b>				
<b>Método</b>	<b>Num DF</b>	<b>Den DF</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Folded F	6	6	8.45	0.0201

**Anexo 25. Prueba de t - Student para digestibilidad de proteína cruda de las materias primas la chala de maíz y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco (%)**

<b>MP</b>	<b>Método</b>	<b>Media</b>	<b>Media de CL al 95%</b>		<b>Dev std</b>	<b>Dev std de CL al 95%</b>	
<b>MPCM</b>		22.3804	13.6252	31.1356	9.4667	6.1003	20.8463
<b>MPMM</b>		14.5083	7.5519	21.4646	5.6024	3.3566	16.0989
<b>Diff (1-2)</b>	Agrupado	7.8721	-2.7532	18.4974	8.1441	5.6904	14.2923
<b>Diff (1-2)</b>	Satterthwaite	7.8721	-1.8883	17.6326			

<b>Método</b>	<b>Varianzas</b>	<b>DF</b>	<b>Valor t</b>	<b>Pr &gt;  t </b>
Agrupado	Igual	10	1.65	0.1298
Satterthwaite	Desigual	9.7943	1.80	0.1023

<b>Igualdad de varianzas</b>				
<b>Método</b>	<b>Num DF</b>	<b>Den DF</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Folded F	6	4	2.86	0.3292

**Anexo 26. Prueba de t - Student para digestibilidad de ceniza de las materias primas la chala de maíz y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco (%)**

<b>MP</b>	<b>Método</b>	<b>Media</b>	<b>Media de CL al 95%</b>		<b>Dev std</b>	<b>Dev std de CL al 95%</b>	
<b>MPCM</b>		50.1339	40.3694	59.8983	10.5579	6.8035	23.2493
<b>MPMM</b>		51.7424	39.4099	64.0749	13.3346	8.5928	29.3638
<b>Diff (1-2)</b>	Agrupado	-1.6085	-15.6151	12.3980	12.0267	8.6242	19.8529
<b>Diff (1-2)</b>	Satterthwaite	-1.6085	-15.6973	12.4802			

<b>Método</b>	<b>Varianzas</b>	<b>DF</b>	<b>Valor t</b>	<b>Pr &gt;  t </b>
Agrupado	Igual	12	-0.25	0.8067
Satterthwaite	Desigual	11.4	-0.25	0.8069

<b>Igualdad de varianzas</b>				
<b>Método</b>	<b>Num DF</b>	<b>Den DF</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Folded F	6	6	1.60	0.5848

**Anexo 27. Prueba de t - Student para digestibilidad de fibra cruda de las materias primas la chala de maíz y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco (%)**

MP	Método	Media	Media de CL al 95%	Dev std	Dev std de CL al 95%
MPCM		37.6641	34.0106	41.3177	3.9504
MPMM		38.4552	31.3428	45.5676	6.7774
Diff (1-2)	Agrupado	-0.7911	-7.4296	5.8474	5.4213
Diff (1-2)	Satterthwaite	-0.7911	-8.0760	6.4939	

Método	Varianzas	DF	Valor t	Pr >  t
Agrupado	Igual	11	-0.26	0.7980
Satterthwaite	Desigual	7.786	-0.25	0.8079

**Igualdad de varianzas**

Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Folded F	5	6	2.94	0.2213

**Anexo 28. Prueba de t - Student para digestibilidad de extracto libre de nitrógeno de las materias primas la chala de maíz y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco (%)**

MP	Método	Media	Media de CL al 95%	Dev std	Dev std de CL al 95%
MPCM		36.8141	31.8987	41.7296	5.3148
MPMM		41.9902	34.2754	49.7050	8.3417
Diff (1-2)	Agrupado	-5.1760	-13.3214	2.9693	6.9940
Diff (1-2)	Satterthwaite	-5.1760	-13.4856	3.1336	

Método	Varianzas	DF	Valor t	Pr >  t
Agrupado	Igual	12	-1.38	0.1914
Satterthwaite	Desigual	10.182	-1.38	0.1958

**Igualdad de varianzas**

Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Folded F	6	6	2.46	0.2970

**Anexo 29. Prueba de t - Student para digestibilidad de energía bruta de las materias primas la chala de maíz y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco (%)**

MP	Método	Media	Media de CL al 95%	Dev std	Dev std de CL al 95%
<b>MPCM</b>		40.8125	38.3160	43.3091	2.6994
<b>MPMM</b>		41.8787	34.7239	49.0335	6.8178
<b>Diff (1-2)</b>	Agrupado	-1.0662	-7.2013	5.0690	5.0103
<b>Diff (1-2)</b>	Satterthwaite	-1.0662	-8.2270	6.0947	

Método	Varianzas	DF	Valor t	Pr >  t
Agrupado	Igual	11	-0.38	0.7094
Satterthwaite	Desigual	6.3386	-0.36	0.7308

**Igualdad de varianzas**

Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Folded F	5	6	6.38	0.0431

**Anexo 30. Prueba de t - Student para proteína digestible de las materias primas la chala de maíz y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco (%)**

MP	Método	Media	Media de CL al 95%	Dev std	Dev std de CL al 95%
<b>MPCM</b>		1.4055	0.8557	1.9553	0.5945
<b>MPMM</b>		1.1072	0.1804	2.0341	0.8832
<b>Diff (1-2)</b>	Agrupado	0.2982	-0.6077	1.2041	0.7398
<b>Diff (1-2)</b>	Satterthwaite	0.2982	-0.6704	1.2668	

Método	Varianzas	DF	Valor t	Pr >  t
Agrupado	Igual	11	0.72	0.4838
Satterthwaite	Desigual	8.562	0.70	0.5013

**Igualdad de varianzas**

Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Folded F	5	6	2.21	0.3632

**Anexo 31. Prueba de t - Student para energía digestible de las materias primas la chala de maíz y el marlo de maíz blanco gigante de Cusco**

MP	Método	Media	Media de CL al 95%	Dev std	Dev std de CL al 95%
MPCM		1730.0	1624.2	1835.9	114.4
MPMM		1784.9	1492.5	2077.3	278.6
Diff (1-2)	Agrupado	-54.8343	-307.1	197.4	206.0
Diff (1-2)	Satterthwaite	-54.8343	-347.8	238.1	

Método	Varianzas	DF	Valor t	Pr >  t
Agrupado	Igual	11	-0.48	0.6417
Satterthwaite	Desigual	6.4378	-0.45	0.6671

Igualdad de varianzas				
Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Folded F	5	6	5.93	0.0511