

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA**



**TESIS**

**EVALUACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD Y CONSUMO  
EN CUYES HEMBRAS DE DIFERENTES EDADES CON  
ALFALFA DE 30, 45, 60 DÍAS DE CORTE**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. PERCY CCOTO ENRIQUEZ**

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

**ASESORES:**

**Ing. Ph.D. JUAN ELMER MOSCOSO MUÑOZ.**

**Ing. M.Sc. LIZ BEATRIZ CHINO VELASQUEZ.**

**Ing. M.Sc. GARDENIA TUPAYACHI SOLORZANO**

**CUSCO – PERÚ**

**2024**

# INFORME DE ORIGINALIDAD

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

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: EVALUACION DE LA DIGESTIBILIDAD Y CONSUMO EN CUYES HEMBRAS DE DIFERENTES EDADES CON ALFALFA DE 30, 45, 60 DIAS DE CORTE

presentado por: PERCY CCOTO ENRIQUEZ con DNI Nro.: 74055247 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 2 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 4 %.

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.	
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	X
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, 8 de JULIO de 2025

Firma

Post firma JUAN ELMER MOSCOSO MUÑOZ

Nro. de DNI 23940692

ORCID del Asesor 0000 - 0001 - 5884 - 9718

<sup>2°</sup> asesor DNI: 71732710

<sup>3°</sup> asesor DNI: 42789402

ORCID: 0000 - 0002 - 6322 - 7371

ORCID: 0000 - 0002 - 8131 - 7223

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.

2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259 # 472552989

# PERCY CCOTO ENRIQUEZ

## TESIS PERCY CCOTO ENRIQUEZ.docx

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

---

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:472552989

Fecha de entrega

8 jul 2025, 10:16 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

8 jul 2025, 10:23 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

TESIS PERCY CCOTO ENRIQUEZ.docx

Tamaño de archivo

2.9 MB

82 Páginas

20.050 Palabras

104.910 Caracteres

# 4% Similitud general

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

## Filtrado desde el informe

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

## Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

---

## Fuentes principales

- 4%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 1%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

---

## Marcas de integridad

### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

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

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis amados padres, **PASCUAL CCOTO Y JUSTA ENRIQUEZ**, cuya guía sabia y amor incondicional me han inspirado a crecer como persona y superar desafíos. Su fortaleza y dedicación como padres y pilares de nuestra familia han sido mi mayor apoyo en momentos difíciles.

A mis queridos hermanos, **Alejandro, Doris, Rous, Yanet y Graciela Ccoto Enriquez** quienes han sido mi fuente de motivación y apoyo constante durante mi carrera universitaria. Espero que mi logro sea un ejemplo para ustedes y les inspire a seguir sus propias metas y sueños, recordando que la disciplina y el esfuerzo son clave para alcanzar el éxito.

Al amor de mi vida: Ruth Caira por su gran apoyo moral e incondicional. Por sus palabras alentadoras y motivadoras, por estar siempre acompañándome en todos momentos.

A mis familiares, quienes siempre estuvieron orientándome mediante sus sabios palabras y motivándome a seguir adelante durante mi educación personal, hasta la conseguir de mi logro profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, mi sincero agradecimiento a mis asesores de tesis: **Ing. Ph.D. Juan Elmer Moscoso Muñoz. y Ing. M.Sc. Liz Beatriz Chino Velasquez.** profesionales de amplia trayectoria y docentes de excelencia, quienes siempre estuvieron dispuestos a brindar su asesoramiento y culminación del presente trabajo de investigación.

A mi alma mater, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, en especial a mi Facultad de Agronomía y Zootecnia, y a mi Escuela Profesional de Zootecnia, donde me formé profesionalmente.

Al Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos, de la Escuela Profesional de Zootecnia, por permitirme utilizar los equipos y recursos necesarios para los análisis realizados en este trabajo de investigación. Su valioso aporte ha sido fundamental para el desarrollo de esta tesis.

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**

INTRODUCCIÓN .....	1
I. PROBLEMA OBJETO DE ESTUDIO.....	2
II. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN.....	4
2.1. OBJETIVOS .....	4
2.1.1 Objetivo General.....	4
2.1.2 Objetivo Específico.....	4
2.2. JUSTIFICACIÓN .....	5
III. MARCO TEÓRICO.....	7
3.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
3.1.1 Antecedentes internacionales .....	7
3.1.2 Antecedentes nacionales .....	8
3.1.3 Antecedentes locales .....	9
3.2. BASES TEÓRICAS.....	11
3.2.1 Anatomía y fisiología del cuy.....	11
3.2.2 Requerimientos nutricionales .....	13
3.2.3 Digestibilidad .....	17
3.2.4 Tipos de digestibilidad.....	18
3.2.5 Factores que afectan la digestibilidad .....	20
3.2.6 Alimentación con forraje .....	22
3.2.7 Alfalfa (Medicago sativa) .....	23
3.2.8 Manejo para el corte de la alfalfa.....	24
3.2.9 Características de crecimiento de la alfalfa .....	25
3.2.10 Estado Fenológico de la Alfalfa .....	28
3.2.11 Composición química y valor nutritivo de la alfalfa .....	30
3.2.12 Factores que Intervienen en el Consumo del Estado Fenológico de la Alfalfa .....	32

IV. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....	35
4.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN .....	35
4.1.1 Ubicación política .....	35
4.1.2 Ubicación geográfica .....	35
4.1.3 Límites .....	35
4.2. DURACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	36
4.3. CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD .....	36
4.4. MATERIALES Y EQUIPOS.....	37
4.1.4 Material Biológico .....	37
4.1.5 Insumos de alimento .....	37
4.1.6 Materiales de Campo .....	37
4.1.7 Equipos de Laboratorio .....	38
4.5. MÉTODOS.....	38
4.1.8 Instalación de equipos.....	38
4.1.9 Preparación del alimento.....	38
4.1.10 Suministro de alimento .....	39
4.1.11 Distribución de unidades experimentales.....	39
4.1.12 Etapas del experimento.....	40
4.6. VARIABLES EVALUADAS .....	41
4.7. MÉTODOS ANALÍTICOS DE MUESTRA .....	42
4.8. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	42
V. RESULTADO Y DISCUSIÓN.....	44
5.1. CONSUMO DE MATERIA SECA Y MATERIA ORGÁNICA.....	44
5.2. DIGESTIBILIDAD APARENTE.....	45
5.2.1 Digestibilidad de materia seca (MS) .....	45
5.2.2 Digestibilidad de materia orgánica (MO) .....	48
CONCLUSIONES.....	51

RECOMENDACIONES .....	52
BIBLIOGRAFÍA .....	53
ANEXOS .....	63

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requerimientos nutricionales según etapa fisiológica del cuy.....	14
Tabla 2. Coeficientes de digestibilidad de algunos insumos usados en la alimentación de cuyes (45 días de edad) .....	18
Tabla 3. Variación de la calidad de la alfalfa en función del estado fisiológico ....	32
Tabla 4. Registro de temperatura y humedad .....	37
Tabla 5. Composición nutricional de la alfalfa empleada en base seca .....	39
Tabla 6. Distribución de unidades experimentales .....	40
Tabla 7. Consumo de alimento en cuyes hembras .....	45
Tabla 8. Variación del coeficiente de digestibilidad de materia seca.....	48
Tabla 9. Variación del coeficiente de digestibilidad de materia orgánica .....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Momento de corte .....	25
Figura 2. Corona de alfalfa con sus tallos de la corona correspondiente al rebrote basilar.....	26
Figura 3. Tallo secundario o axilar en crecimiento, localizado sobre un tallo primario. ....	27
Figura 4. Evolución del almacenamiento de reservas en raíz y corona .....	28
Figura 5. La fase fenológica de la alfalfa .....	29
Figura 6. Evolución de la producción de materia seca, la digestibilidad del forraje y el consumo animal de alfalfa en distintos estados de madurez.....	33
Figura 7. Evolución de la producción de forraje y de los carbohidratos de reserva en la corona y raíz de la alfalfa, en diferentes estados de madurez.....	34

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Modelo lineal del consumo de MS (g) .....	64
Anexo 2. Comparaciones de Tukey para consumo de MS (g) .....	64
Anexo 3. Modelo lineal del consumo de materia orgánica (MO) .....	64
Anexo 4. Comparaciones de Tukey para consumo de MO (g).....	65
Anexo 5. Modelo lineal de MS excretada en heces.....	65
Anexo 6. Comparaciones de Tukey para consumo de MO (g).....	66
Anexo 7. Modelo lineal de fracción digerida de MS.....	66
Anexo 8. Comparaciones de Tukey para fracción digerida de MS (g) .....	67
Anexo 9. Modelo lineal de digestibilidad de MS .....	67
Anexo 10. Comparaciones de Tukey para digestibilidad de MS (g) .....	67
Anexo 11. Modelo lineal de materia orgánica excretada en heces .....	68
Anexo 12 Comparaciones de Tukey para materia orgánica excretada en heces (g) .....	68
Anexo 13. Modelo lineal de fracción digerida de materia orgánica .....	69
Anexo 14. Comparaciones de Tukey para fracción digerida de MO (g) .....	69
Anexo 15. Modelo lineal de digestibilidad de MO.....	70
Anexo 16. Comparaciones de Tukey para digestibilidad de MO (g).....	70

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de tres edades de corte de la alfalfa (30, 45 y 60 días) sobre el consumo y digestibilidad de nutrientes en cuyes hembras a diferentes edades (30 días, 60 días y 90 días). Se utilizaron 45 cuyes hembras de la línea Perú, distribuidos en 15 cuyes por edad, los cuales tuvieron un peso promedio para destetados de  $424.5 \pm 15.16$  g,  $605.2 \pm 35.49$  g en crecimiento y  $848.6 \pm 34.4$  g en adultos. Para el análisis de datos se empleó el diseño completo al azar con arreglo factorial de  $3 \times 3$ , que comprende el estado fenológico de la alfalfa (30, 45 y 60 días), por las edades fisiológicas de los cuyes (destete, crecimiento y adulto). Los resultados mostraron que ni los días de corte ni la interacción tuvieron un efecto significativo en el consumo de materia seca (MS) y materia orgánica (MO). Sin embargo, la edad de los cuyes sí influyó, pues los adultos registraron el mayor consumo ( $50.72 \pm 4.41$  g MS;  $45.36 \pm 3.91$  g MO), seguidos por los cuyes en crecimiento ( $47.41 \pm 4,31$  g MS;  $42.44 \pm 3.85$  g MO), mientras que los destetados presentaron el menor consumo ( $35.89 \pm 3.23$  g MS;  $31.51 \pm 3.18$  g MO). El coeficiente de digestibilidad fue mayor para el corte efectuado a los 30 días con  $61.53 \pm 4.13\%$  MS y  $66.32 \pm 3.62\%$  MO. La edad de los cuyes influyó en la digestibilidad de MS, con valores de  $62.50 \pm 3.36\%$  en adultos,  $61.51 \pm 3,75\%$  en etapa de crecimiento y  $58.33 \pm 3.20\%$  en destetados. De igual manera, la digestibilidad de MO fue de  $66.58 \pm 3.14\%$  en adultos,  $65.62 \pm 3.17\%$  en crecimiento y  $62.95 \pm 3.04\%$  en destetados. Además, la alfalfa cosechada a los 30 días presentó una mejor digestibilidad para los cuyes adultos, logrando respuestas más favorables en esta etapa.

**Palabras clave:** Estado fenológico, etapa fisiológica del cuy, consumo de alimento, coeficiente de digestibilidad.

## ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the effect of three cutting ages for alfalfa (30, 45, and 60 days) on nutrient intake and digestibility in female guinea pigs at different ages (30, 60, and 90 days). A total of 45 female guinea pigs of the Peru line were used, divided into groups of 15 per age, with average body weights of  $424.5 \pm 15.16$  g for weaned guinea pigs,  $605.2 \pm 35.49$  g for those in growth, and  $848.6 \pm 34.4$  g for adults. For data analysis, a completely randomized design was employed with a  $3 \times 3$  factorial arrangement, including the phenological stages of alfalfa (30, 45, and 60 days) and the physiological ages of the guinea pigs (weaning, growth, and adulthood). The results showed that neither the cutting age nor the interaction had a significant effect on dry matter (DM) and organic matter (OM) intake. However, guinea pig age did have an effect: adult guinea pigs recorded the highest intake ( $50.72 \pm 4.41$  g DM;  $45.36 \pm 3.91$  g OM), followed by those in growth ( $47.41 \pm 4.31$  g DM;  $42.44 \pm 3.85$  g OM), while the weaned group had the lowest intake ( $35.89 \pm 3.23$  g DM;  $31.51 \pm 3.18$  g OM). The digestibility coefficient was higher for the 30-day cutting age, at  $61.53 \pm 4.13\%$  DM and  $66.32 \pm 3.62\%$  OM. Guinea pig age also influenced DM digestibility, with values of  $62.50 \pm 3.36\%$  in adults,  $61.51 \pm 3.75\%$  in the growth stage, and  $58.33 \pm 3.20\%$  in weaned guinea pigs. Similarly, OM digestibility was  $66.58 \pm 3.14\%$  in adults,  $65.62 \pm 3.17\%$  in growth, and  $62.95 \pm 3.04\%$  in weaned animals. Furthermore, alfalfa harvested at 30 days showed better digestibility for adult guinea pigs, resulting in more favorable responses at this stage.

**Keywords:** Phenological state, physiological stage of the guinea pig, feed consumption, digestibility coefficient.

## INTRODUCCIÓN

El cuy (*Cavia porcellus*), es una especie que ha sido criada con éxito tanto en la costa como en las regiones altoandinas del Perú; este roedor se ha convertido en una alternativa significativa para el consumo de carne y una fuente importante de ingresos económicos para los criadores; la dieta del cuy es diversa, abarcando desde alimentos concentrados en áreas costeras hasta forraje verde en zonas de sierra, siendo la alfalfa el principal componente de su dieta en estas últimas regiones, o incluso una mezcla de ambos tipos de alimentos (Huamaní *et al.* 2016)

Sin embargo, en las actividades que se orientan a criar y aprovechar a los cuyes usualmente no se toman en cuenta aspectos importantes como, una adecuada nutrición, un manejo óptimo y la limpieza, esto produce que se obtengan índices de reproducción y de producción por debajo de lo aceptable; además, el cuy al tener la característica de ser herbívoro y monogástrico, realiza dos tipos de digestión, una que es enzimática y se desarrolla en el estómago y otra que es microbiana y se desarrolla en el ciego, entonces, la eficacia de estos procesos digestivos varía en función de los componentes de la dieta suministrada, lo que permite una gran flexibilidad en los sistemas de alimentación implementados (Meza *et al.* 2014).

Esta particularidad fisiológica le confiere ventajas para el aprovechamiento principalmente de forrajes como la alfalfa, los cuales se destacan por su excelente valor nutricional, especialmente en proteína y fibra digestible (Santamaría *et al.*, 2000), cuando son utilizadas en el momento adecuado de crecimiento (momento óptimo).

Por lo que, la edad del corte de la alfalfa puede influir significativamente en su composición química, afectando la digestibilidad y el consumo de los animales. La alfalfa joven suele ser más digestible y apetecible, mientras que la de mayor edad contiene más fibra, lo que podría limitar su uso en dietas para animales jóvenes, que son aspectos que no han sido adecuadamente evaluados en los cuyes.

En este contexto, el presente estudio tiene el interés de evaluar el efecto de la edad de corte de la alfalfa (30, 45, y 60 días) sobre el consumo y la digestibilidad en cuyes hembras de diferentes edades.

## **I. PROBLEMA OBJETO DE ESTUDIO**

En los últimos años, se han registrado avances significativos en la investigación sobre la alimentación de cuyes en Perú; estos avances buscan el máximo aprovechamiento de los nutrientes y la disminución de la aparición de enfermedades, lo cual, a su vez, incrementa los índices productivos y económicos, reduciendo la necesidad del uso de fármacos como antibióticos o promotores de crecimiento en el alimento; además, encuestas recientes indican un aumento considerable en la producción de cuyes, impulsado por la alta demanda, los avances en mejoramiento genético y en la alimentación, así como los bajos costos de producción, lo que convierte a la crianza de cuyes en una alternativa económica vital para los productores de la región, contribuyendo también a dinamizar la economía local y nacional.

A pesar de estos avances, muchos productores no conocen las condiciones fenológicas óptimas de la alfalfa y realizan los cortes en diferentes edades, lo cual puede afectar la calidad nutricional del forraje y, en consecuencia, la digestibilidad y aprovechamiento por los cuyes; por lo tanto, el objetivo de esta investigación es evaluar el efecto de tres edades de corte de la alfalfa (30, 45 y 60 días) sobre el consumo y digestibilidad de nutrientes en cuyes hembras a diferentes edades (30 días, 60 días y 90 días); este conocimiento permitirá generar nuevas estrategias de alimentación que mejoren la producción de cuyes, optimizando así los recursos y potenciando la eficiencia del sistema de producción.

### **1.1. Formulación del problema**

#### **1.1.1. Problema general**

¿Cuál es el efecto de las tres edades de corte de alfalfa (30, 45 y 60 días) sobre el consumo y digestibilidad de nutrientes en cuyes hembras a diferentes edades (30 días, 60 días y 90 días)?

### **1.1.2. Problemas específicos**

- a. ¿Cuál es el efecto de tres edades de corte de la alfalfa (30, 45 y 60 días) sobre el consumo de alimento de los cuyes hembras en diferentes edades (30 días, 60 días y 90 días)?
  
- b. ¿Cuál es el efecto de tres edades de corte de alfalfa (30, 45 y 60 días) sobre la digestibilidad de la materia seca y materia orgánica en cuyes hembras de diferentes edades (30 días, 60 días y 90 días)?

## **II. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN**

### **2.1. OBJETIVOS**

#### **2.1.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de tres edades de corte de la alfalfa (30, 45 y 60 días) sobre el consumo y digestibilidad de nutrientes en cuyes hembras a diferentes edades (30 días, 60 días y 90 días).

#### **2.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- c. Determinar el efecto de tres edades de corte de la alfalfa (30, 45 y 60 días) sobre el consumo de alimento de los cuyes hembras en diferentes edades (30 días, 60 días y 90 días).
- d. Evaluar el efecto de tres edades de corte de la alfalfa (30, 45 y 60 días) sobre la digestibilidad de la materia seca y materia orgánica en cuyes hembras de diferentes edades (30 días, 60 días y 90 días).

## **2.2. JUSTIFICACIÓN**

Criar cuyes es una forma en que muchas familias del campo en Perú, sobre todo en los Andes, ganan dinero, debido a ello, más de 800 mil familias viven de esta actividad; además, la carne de cuy sigue siendo muy querida por la gente y ahora no solo se come en Perú, sino también en otros lugares del mundo, donde cada vez se conoce más. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2019).

Es así que, en el ámbito de la crianza y producción de cuyes, múltiples estudios se han centrado en la digestibilidad y la nutrición utilizando diversos forrajes y otros tipos de alimentos; sin embargo, es imprescindible ampliar esta información mediante la ejecución de ensayos de digestibilidad, que enriquecerán aún más las investigaciones previas; la alfalfa, siendo el principal componente del forraje verde en la alimentación de cuyes en la región, presenta un alto potencial nutritivo que puede ser optimizado mediante la comprensión de cómo la variación fenológica influye en su calidad nutricional y digestibilidad.

Actualmente, se desconoce cómo influyen las diferencias en los días de corte de la alfalfa en la digestibilidad de los cuyes; por ello, esta investigación se enfocó en evaluar el comportamiento de cuyes hembras al efecto de tres etapas de corte de la alfalfa (30, 45 y 60 días); conocer el momento exacto del corte de la alfalfa permitirá maximizar el aprovechamiento de los nutrientes que esta planta contiene, optimizando así la dieta de los cuyes y mejorando su rendimiento productivo.

Esta investigación no solo beneficiará a los productores agropecuarios al proporcionarles información práctica y aplicable sobre la alimentación óptima de los cuyes, sino que también contribuirá al avance del conocimiento científico en el área de la nutrición animal; este conocimiento permitirá desarrollar estrategias de manejo más efectivas y sostenibles, promoviendo una producción de cuyes más eficiente y rentable.

### **III. HIPÓTESIS**

#### **3.1. HIPÓTESIS**

##### **3.1.1. HIPÓTESIS GENERAL**

Las edades de corte de la alfalfa (30,45 y 60 días) tienen un efecto significativo en el consumo y digestibilidad de los nutrientes en cuyes hembras a diferentes edades (30,60 y 90 días).

##### **3.1.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- a. El consumo de alimento en cuyes hembras varía significativamente de acuerdo a la interacción entre su edad (30,60 y 90 días) y el tiempo de corte de la alfalfa (30, 45 y 60 días).
- b. La digestibilidad de la materia seca y la materia orgánica en cuyes hembras varía significativamente de acuerdo a la interacción entre su edad (30, 60 y 90 días) y tiempo de corte de alfalfa (30, 45 y 60 días).

## IV. MARCO TEÓRICO

### 4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

#### 4.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Escobar *et al.* (2023) evaluaron la respuesta animal a la sustitución total o parcial de alfalfa fresca por heno, complementando con concentrado comercial adicionando vitamina C, donde se obtuvo que los cuyes consumieron 3447 g de materia seca.

Lagos y Velasco (2005) aplicaron la técnica de fistulación en ciego del cuy a través de pruebas de digestibilidad *in situ* de distintos forrajes, a partir de ello encontraron que la digestibilidad de materia seca en el Audabe (*Lolium multiflorum*) fue de 74.59% y 67.78% en la alfalfa, a diferencia del kikuyo que tan solo alcanzó 49%; es así que, la alfalfa presentó una composición intermedia y coeficientes muy bajos de celulosa y fibra detergente neutra, por ende, concluyen que la alfalfa está dentro de los parámetros nutricionales por presentar un mayor balance y disponibilidad de nutrientes para la flora intestinal del ciego del cuy, además se pudo comprobar que la técnica *in situ* permite estimar la eliminación de nutrientes en el ciego del animal

Abarca (2015) comparó tres ensayos de digestibilidad "*in vitro*" para establecer el mejor tratamiento que se asemeje al ensayo *in vivo*; para lo cual utilizó alfalfa joven de 30 días de corte y madura de 45 días, es así que la digestibilidad de la alfalfa joven obtuvo un mejor coeficiente, siendo de 53.64% y 47.72% en la alfalfa madura.

Campos (2007) realizó un estudio sobre la digestibilidad de las leguminosas y gramíneas en la dieta de los cuyes; se descubrió que la alfalfa, cuando alcanza un 20% de floración, está en su estado ideal para ser cosechada, lo que favorece una óptima digestibilidad de sus componentes nutricionales como la fibra, la proteína y la energía. Además, se determinaron coeficientes de digestibilidad para la alfalfa del 85.70% en proteínas y 2806.60 Kcal/kg en energía digestible; por otro lado, el Audabe (*Lolium multiflorum*) mostró la mayor digestibilidad de fibra con un 60.70% y el consumo más alto con 81.30 g; en cuanto a la materia seca, el trébol rojo presentó una digestibilidad del 77.90%, mientras que para la alfalfa fue del 75.60%.

Guevara *et al.* (2008) evaluaron la digestibilidad aparente en cuyes de carne utilizando dos métodos: recolección total y marcador interno; en su estudio, se utilizaron seis cuyes machos adultos sometidos a tres dietas diferentes: una con 100% de alfalfa, otra con una mezcla de 50% alfalfa y 50% caña de azúcar, y una tercera con 50% alfalfa y 50% concentrado; los resultados indicaron que las mediciones de digestibilidad obtenidas mediante el marcador interno fueron significativamente inferiores a las obtenidas por el método de recolección total; además, se observó que la caña de azúcar presentaba una digestibilidad de nutrientes menor en comparación con la alfalfa, mientras que los concentrados mostraron coeficientes de digestibilidad superiores.

Aguirre (2008) hizo un estudio para saber cuántos nutrientes y cuánta energía aprovechan los cuyes de diferentes alimentos; para eso, se usaron pruebas especiales llamadas de digestibilidad y se encontró que los alimentos tienen distintos niveles de componentes como agua, proteínas, grasas, fibra y carbohidratos; por ejemplo, la alfalfa y la malva fueron los alimentos que mejor se digirieron, con altos porcentajes de aprovechamiento de proteínas, materia seca y materia orgánica y la malva también mostró buenos resultados en fibra, mientras que la setaria fue mejor en grasa y la chilca en carbohidratos; además, se midió cuánta energía obtienen los cuyes al digerir estos alimentos y la alfalfa fue la que más energía aportó (3172.75 Kcal/kg), seguida por la malva, la chilca, la retama y la setaria; en general, la alfalfa tuvo el mayor contenido de nutrientes aprovechables, lo que la hace una de las mejores opciones para alimentar a los cuyes.

#### **4.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

Vásquez (2021) evaluó tres ensilados de alfalfa tomando en cuenta el performance de cuyes en etapa de recría; obtuvo que el tratamiento con alfalfa fresca obtuvo un consumo de 59.72 g, una ganancia diaria promedio de 11.17 g; a diferencia del tratamiento de alfalfa ensilada que tuvo un consumo de 56.27 g y 6.66 g de variación de peso.

Castro y Chirinos (2021), determinaron el valor nutricional de diversas materias primas destinadas a la alimentación de cuyes; utilizando cuyes machos de cuatro

a cinco meses de edad, los investigadores examinaron 63 tipos de alimentos, que incluían forrajes tanto secos como frescos, residuos agrícolas, subproductos agroindustriales y de cocina, así como harinas energéticas y proteicas de fuentes animales y vegetales; específicamente, para el heno de alfalfa, se determinaron valores en el coeficiente de digestibilidad de la materia seca del 59.00% y en el coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica del 53.78%.

#### **4.1.3. ANTECEDENTES LOCALES**

Quispe (2016), estimó el efecto del tamaño del picado de heno de alfalfa, medido en centímetros (10 cm para 1/4, 20 cm para 1/2, 30 cm para 3/4 y 40 cm para un tamaño entero), en el crecimiento de 48 cuyes machos de 21 días de edad y ya destetados; los resultados indicaron que la variación en el tamaño del picado no influyó significativamente en todos los parámetros estudiados; no obstante, a los 45 días de consumo, se observaron diferencias notables: el consumo para el picado de 10 cm fue de 826.22 g, para 20 cm fue de 834.33 g, y para 40 cm fue de 987.14 g; en contraste, el picado de 30 cm resultó en un consumo menor de 651.32 g; respecto al promedio de ganancia de peso a los 30 días, el picado de 40 cm tuvo un incremento de 74.30 g, mostrando una diferencia significativa en comparación con los 45.00 g de 10 cm; 61.40 g de 20 cm y 51.40 g de 30 cm; en cuanto a la conversión alimenticia, el picado de 20 cm tuvo un valor de 8.91, ligeramente superior al de 10 cm con 9.66 y significativamente mejor que el de 40 cm con 11.32 y el de 30 cm con 11.49; finalmente, el nivel de desperdicio fue mayor para el picado de 30 cm con 3055.57 g, seguido por 10 cm con 2841.13 g; los tamaños de picado que resultaron en menos desperdicio fueron 40 cm con 1998.64 g y 20 cm con 1935.83 g.

Castro (2023), determinó cómo la digestibilidad de la alfalfa varía con la edad en cuyes machos de 30, 60, 90 y 120 días; se empleó alfalfa cosechada a los 60 y 75 días durante la temporada de estiaje; también, se observó que la digestibilidad de la alfalfa cambia con la edad de los cuyes; aquellos de 60 y 120 días mostraron una mayor digestibilidad, con valores de 79.40% y 78.57% en materia seca (MS) y 79.30% y 78.48% en materia orgánica (MO), respectivamente; en contraste, los cuyes de 90 y 30 días tuvieron una digestibilidad menor, con 77.11% y 69.68% en MS, y 77.04% y 69.43% en MO, respectivamente; además, el consumo de alfalfa

fue superior en los cuyes de 120 y 90 días, con 87.19 g y 84.56 g en MS, y 78.22 g y 75.54 g en MO, respectivamente; sin embargo, los cuyes de 60 y 30 días consumieron menos, con 80.46 g y 41.69 g en MS, y 72.23 g y 37.43 g en MO, respectivamente.

Aucahuaqui (2022) estudió el consumo voluntario y la digestibilidad del kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en cuyes machos mejorados tipo I, se incorporó alfalfa en los tratamientos; los hallazgos indicaron que la ingesta de materia seca de alfalfa ( $142.75 \pm 2.62$  g/animal/día) superó a la del kikuyo ( $45.73 \pm 8.85$  g/animal/día). Asimismo, el consumo de materia orgánica fue mayor con la alfalfa ( $129.87 \pm 2.39$  g MO/animal/día) en comparación con el kikuyo ( $40.08 \pm 7.75$  g MO/animal/día); en cuanto a la digestibilidad, los valores obtenidos para la materia seca (MS) y materia orgánica (MO) de la alfalfa fueron de  $88.30 \pm 1.57\%$  y  $88.34 \pm 1.62\%$ , respectivamente, mientras que para el kikuyo, los resultados fueron  $88.30 \pm 1.57\%$  y  $85.99 \pm 1.14$  g %, respectivamente.

Salas (2023) realizó un estudio para identificar como la edad de corte de alfalfa influye en el consumo y el aprovechamiento de los nutrientes por cuyes de diferentes edades; pudo hallar que, los cuyes adultos comen mas materia seca, con un promedio de 74.21 gramos por día a comparación de los más jóvenes; además, la alfalfa que se cortó a los 30 y 45 días fue la más aprovechada por los cuyes, con promedios de 66.84 y 67.23 gramos; además, sobre el consumo se observó que los cuyes mas grandes, es decir de mas de 90 días, comen más materia orgánica que los más jóvenes, llegando a consumir hasta 66 gramos por día y también se observó que la alfalfa alimenta de mejor manera a los cuyes, siempre que se coseche más joven, es decir, a los 30 o 45 días, ya que en esas etapas los animales comen más, alrededor de 59 gramos y comparado con la alfalfa de 60 días, se observó que el consumo se reduce hasta unos 49 gramos, así mismo, los cuyes jóvenes que recién están siendo destetados y en pleno crecimiento digieren de mejor manera el alimento que los adultos y logran aprovechar cerca del 67% de la materia seca y alrededor del 60% de la materia orgánica y finalmente, la alfalfa que se corta a los 30 y 45 días, también se digiere mejor, es decir más del 68%, mientras que la de 60 días se aprovecha menos (62%), lo que quiere decir que además de

la edad del cuy, el momento en que se corta la alfalfa influyen en cuánto se consume y cuanto se aprovecha el alimento.

Vargas (2023) analizó la composición química y la digestibilidad aparente de los diferentes nutrientes de la harina de alfalfa y afrecho de cebada, registró que un coeficiente de digestibilidad de  $61.35 \pm 3.80\%$  de MS,  $61.43 \pm 3.75\%$  de MO,  $70.99 \pm 2.62\%$  de PC,  $38.35 \pm 4.40\%$  de EE,  $66.21 \pm 6.51\%$  de CE,  $54.52 \pm 7.68\%$  de FC,  $63.66 \pm 6.61\%$  de ELN y  $59.27 \pm 3.74\%$  de EB, asimismo el estimado del valor energético de ED fue de  $2473 \pm 155.85$  (kcal/kg MS); y los resultados de coeficientes de digestibilidad aparente alcanzados para el afrecho de cebada fueron:  $42.82 \pm 4.22\%$  de MS,  $42.04 \pm 4.08\%$  de MO,  $76.74 \pm 8.56\%$  de PC,  $61.87 \pm 8.18\%$  de EE,  $51.86 \pm 15.47\%$  de CE,  $19.45 \pm 9.80\%$  de FC,  $37.24 \pm 4.17\%$  de ELN y  $43.43 \pm 3.61\%$  de EB, asimismo el estimado del valor energético de ED fue de  $1,929 \pm 160.18$  (kcal/kg MS). Los resultados a los que se arribaron evidencian que la harina de alfalfa se presenta como un alimento apropiado para cuyes y es superior al afrecho de cebada con 13.76% más de proteína de digestible y también aporta más energía, hasta 2473 calorías por kilo de materia seca.

## **4.2. BASES TEÓRICAS**

### **4.2.1. ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA DEL CUY**

El cuy se clasifica, de acuerdo con su anatomía gastrointestinal, como un fermentador post-gástrico, debido a la presencia de microorganismos específicos en el ciego. El tránsito del alimento a través del estómago y el intestino delgado es acelerado, de modo que, en menos de dos horas, la mayor parte de la ingesta llega al ciego (Reid y Mickelsen, 1963). El paso del alimento a través del ciego es relativamente más lento, pudiendo retenerse hasta 48 horas. Se sabe que la presencia de celulosa en la dieta disminuye la velocidad de tránsito intestinal, lo que favorece una absorción de nutrientes más efectiva. Esta absorción se lleva a cabo principalmente en el ciego y en el intestino grueso, sobre todo en el caso de los ácidos grasos de cadena corta. En cambio, la asimilación de otros nutrientes, incluidos los ácidos grasos de cadena larga, ocurre en el estómago y en el intestino delgado; en los cuyes, el ciego tiene un gran tamaño, representando cerca del 15% del peso corporal total (Hagan y Robison, 1953, citado por Gómez y Vergara, 1993).

La presencia de flora bacteriana en el ciego facilita una eficiente digestión de la fibra. (Reid y Mickelsen, 1963); asimismo, la generación de ácidos grasos volátiles, junto con la síntesis de proteínas microbianas y vitaminas del grupo B, es llevada a cabo por microorganismos, predominantemente bacterias grampositivas; estos organismos tienen la capacidad de ayudar a satisfacer las necesidades nutricionales mediante la reutilización del nitrógeno a través de la cecotrofia, un proceso que implica la ingestión de heces (Holtenius y Björnhag, 1985).

La eficiencia del ciego en los cuyes no alcanza la del rumen, ya que la proliferación de microorganismos en el ciego excede la capacidad de acción de las enzimas proteolíticas; sin embargo, aunque los microorganismos cecales se multiplican más lentamente que el tiempo que el alimento permanece en el sistema, los cuyes compensan esto con mecanismos que prolongan la retención del contenido digestivo, mejorando así su aprovechamiento (Gómez y Vergara, 1993).

Estos roedores son monogástricos y poseen estómagos enteramente glandulares; es así que, la curvatura menor de su estómago es reducida y se conecta con el esófago en un punto conocido como la "muesca angular"; el intestino delgado, ubicado en el lado derecho del abdomen, tiene una longitud de unos 125 cm en un cuy adulto; este segmento intestinal no presenta divisiones claras y contiene tejido linfoide, como las placas de Peyer, distribuido a lo largo de toda la mucosa; asimismo, el intestino grueso inicia en la válvula ileocecal (O'Malley, 2005).

Aquella sección mas grande del sistema digestivo del cuy se conoce como ciego, este puede contener hasta el 65% de todo lo que hay en el estomago o intestino del animal; además presenta paredes delgadas y ocupa casi toda la sección izquierda de la parte inferior del cuerpo; este mide aproximadamente 15-20 cm de largo; tiene 3 bandas longitudinales musculares blancas: la tenia coli dorsal, ventral y medial; las evaginaciones saculares entre las bandas son haustras; el colon aparece de color verde oscuro y mide aproximadamente 70 cm de largo; funcionalmente se divide en la sección proximal más corta (20 cm) y la sección distal más larga (50 cm); el colon proximal tiene pliegues mucosos en el lado mesentérico que forman un surco longitudinal (Johnson, 2006); el surco ayuda a separar las partículas más pequeñas y con alto contenido de proteína del material de peor calidad que saldrá del colon como gránulos fecales secos; la antiperistalsis

transporta las bacterias y las partículas con mayor contenido de proteína de regreso al ciego para una mayor fermentación (O'Malley, 2005).

El tiempo de vaciado gástrico es de aproximadamente 2 horas con un tiempo de tránsito gastrointestinal total de un promedio de 20 horas (gránulos fecales secos); la cecotrofia se puede realizar de 150 a 200 veces al día; los cobayas jóvenes inicialmente pueblan su tracto intestinal al comer los cecotrofos y gránulos de la cerda; la flora intestinal se compone principalmente de bacterias grampositivas con lactobacilos anaerobios; los coliformes, las levaduras y los clostridios pueden estar presentes en pequeñas cantidades (Harkness y Wagner, 1980). Los cobayas son más eficientes que los conejos para digerir la fibra; la saciedad está determinada por la distensión del tracto gastrointestinal; aumentar la fibra no aumenta el apetito (Deeb, 2000). Se requiere que su comida deba tener entre 18% y 20% de proteína y también es importante que tenga entre 10% y 16% de fibra. (Harkness y Wagner, 1980).

#### **4.2.2. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES**

De acuerdo con Chauca (1997), la alimentación es un pilar fundamental en cualquier tipo de explotación pecuaria, y un suministro adecuado de nutrientes es esencial para obtener una producción óptima; entender las necesidades nutricionales de los cuyes es crucial para desarrollar dietas equilibradas que cumplan con los requerimientos de mantenimiento, crecimiento y producción; no obstante, hasta la fecha no se tiene certeza sobre cuales son requerimientos exactos respecto a requisitos nutricionales específicamente en los cuyes que son criados para carne y al igual que otros animales, los cuyes tienen la necesidad de agua, proteína, fibra, energía, grasas esenciales, minerales y vitaminas, son estas necesidades las que cambian acorde con la edad del animal, la etapa de su vida, el tipo de cuy y el ambiente donde se crían, pero por el momento se hacen uso de las recomendaciones del Consejo Nacional de Investigaciones de EE.UU. (NRC) (1974), que fueron diseñadas específicamente para cuyes de laboratorio; en la Tabla 1 se presentan los requerimientos de acuerdo a la etapa fisiológica del cuy, como se muestra a continuación:

**Tabla 1. Requerimientos nutricionales según etapa fisiológica del cuy**

Nutrientes	Unidad	Etapa		
		Gestación	Lactancia	Crecimiento
Proteínas	(%)	18	18-22	13-17
ED	(kcal/kg)	2800	3000	2800
Fibra	(%)	8 -17	8 -17	10
Calcio	(%)	1.4	1.4	0.8 – 1,0
Fósforo	(%)	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: Caycedo (1992)

#### a. Proteína

La proteína es una parte muy importante del alimento porque ayuda a formar el cuerpo del cuy y se encuentra conformada por sustancias que se conocen como aminoácidos, que deben estar presentes en su comida. Si un cuy no come suficiente proteína, sus crías pueden nacer con poco peso, crecer más despacio, producir menos leche, tener menos crías y no aprovechar bien el alimento que come; por otro lado, la cecotrofia aporta aproximadamente el 15% de las necesidades proteicas, mientras que la proteína microbiana varía según el nivel y tipo de fibra presente, incrementándose con una mayor cantidad de partículas finas y una alta concentración de fibra soluble en la dieta (Nicodemus y García, 2000).

Salinas (2010) destaca la relevancia de las proteínas en la constitución y preservación de órganos y tejidos; estas pueden ser empleadas en proporciones que varían entre el 13 y el 22%, siendo este rango condicionado por la calidad del forraje verde que se tenga a disposición; por otra parte, la NRC (1995) sugiere que los cuyes en etapa de crecimiento deben consumir un rango de proteína del 18 al 20%, utilizando una mezcla que esté equilibrada adecuadamente.

## **b. Fibra**

En ese sentido, la necesidad de fibra en la dieta de los cuyes oscila entre el 8 y el 16%, siendo un componente crucial en su alimentación debido a la habilidad de estos animales para procesarla; esto contribuye a una mejor digestión de otros nutrientes, dado que la fibra desacelera el tránsito de los alimentos por el sistema digestivo (Caycedo, 1992).

## **c. Energía**

El NRC (1978), hace recomendaciones respecto a la dieta de los cuyes y menciona que estos deben tener unas 3000 kcal/ kg de alimento y al probar diferentes dietas con más o menos energía y se observó que los cuyes incrementaban mejor sus niveles de peso y aprovechaban mejor el alimento con dietas de mayor energía; en el caso de las hembras que están en la etapa de reproducción, es recomendable brindarles hasta 200 gramos de pasto elefante por día y a los cuyes que están creciendo se les da 150 gramos por animal cada día.

Las demandas energéticas están condicionadas por factores como la edad, la fisiología, la producción y el entorno; la energía suministrada por la dieta incide directamente en la ingesta de alimentos; se observa que los animales incrementan su consumo cuando la dieta presenta niveles más bajos de energía, la cual es suministrada a través de carbohidratos, lípidos y proteínas (Vergara, 2008). Para los cuyes en etapa de crecimiento, se recomienda una dieta que proporcione 2.8 Mcal de energía digestible (ED) por kilogramo de alimento y un contenido de proteína del 18%; con esta nutrición adecuada, se espera obtener una tasa de conversión alimenticia entre 3 y 4 durante el periodo de la quinta a la décima semana; en situaciones donde el forraje verde sea limitado, es viable ofrecer un alimento compuesto balanceado, asegurando la disponibilidad de agua fresca y limpia, así como una suplementación adecuada de vitamina C (Carbajal, 2015).

Los cuyes muestran una respuesta eficiente cuando se les proporciona un suministro de energía elevado, obteniendo incrementos significativos en el peso corporal con dietas que contienen un 70.8% de nutrientes digestibles totales (NDT),

a diferencia de las dietas con un 62.6% de NDT (Carrasco, 1969). En ese sentido, se debe enriquecer la dieta con un mayor contenido energético resulta en un incremento en la ganancia de peso, así como en una mayor eficiencia en la conversión alimenticia; cuando la dieta posee un nivel energético elevado, se observa una mejora en la conversión alimenticia (Zaldivar y Vargas, 1969). Al suministrar a los cuyes dietas que contienen un 66% de nutrientes digestibles totales (NDT), es posible lograr índices de conversión alimenticia de 8.03 (Mercado *et al.*, 1974).

#### **d. Grasa**

El cuy tiene la necesidad de la inclusión de cantidades determinadas de grasa o ácidos grasos no saturados en su dieta y la falta de estos nutrientes puede causar retraso en su crecimiento, además puede sufrir heridas en la piel, pérdida de pelo y un pelaje de mala calidad; no obstante estos problemas se pueden evitar a través de la adición de un poco de grasa con ácidos como el linoleico, en una cantidad de 4 gramos por cada kilo de comida; utilizar aceite de maíz al 3% en la dieta favorece un crecimiento saludable y previene la dermatitis; además, deficiencias prolongadas en estos nutrientes pueden resultar en un desarrollo insuficiente de órganos como los testículos, el bazo, el hígado o el corazón, e incluso podría morir y por eso, se recomienda mantener ese 3% de grasa buena en la dieta para asegurar un crecimiento sano y evitar problemas (Wagner y Manning, 1976).

#### **e. Agua**

Vivas (2008), refiere que el agua es el componente principal del animal, pues interviene en su crecimiento y desarrollo normal, siendo las principales fuentes: El agua de bebida y el forraje fresco (agua asociada al alimento); por tal motivo, se debe proporcionar agua a los cuyes, principalmente si no se dispone de forraje suficiente o se encuentra maduro y/o seco, donde el requerimiento es de 120 cm<sup>3</sup> por cada 40g de materia seca de alimento consumido; el suministro de agua se debe realizar en la mañana y al finalizar la tarde; el agua debe ser fresca y libre de contaminación.

### 4.2.3. DIGESTIBILIDAD

El proceso digestivo consiste en una serie de eventos fisiológicos destinados a suministrar nutrientes al organismo; este proceso inicia con la ingestión de alimentos, seguido por la secreción de ácido clorhídrico y enzimas digestivas en el tracto gastrointestinal; posteriormente, las macromoléculas se descomponen mediante la hidrólisis, permitiendo la absorción de los nutrientes esenciales; finalmente, el proceso culmina con la eliminación de los residuos no aprovechables por el organismo (Lizardo, 1997). Por tanto, la digestibilidad de un nutriente, se refiere a la eficacia con la que se digiere y absorbe, es un factor crucial que determina el valor nutritivo de los alimentos; este proceso integral asegura que los nutrientes esenciales sean disponibles para el animal (Low, 1976). De la misma manera, Church *et al.* (2002) indicaron que por este proceso los alimentos son procesados y asimilados por el sistema digestivo, involucrando la descomposición de los alimentos en sustancias más simples y su posterior absorción en el organismo.

La digestibilidad *in vivo* se refiere a la medición de la proporción de material que no se descompone ni se asimila durante su tránsito por el sistema digestivo; esta se define como la fracción del total de nutrientes que son efectivamente digeridos y asimilados por el organismo (Lammers *et al.*, 2009).

La digestibilidad *in vitro* se fundamenta en métodos químicos para evaluar alimentos, los cuales frecuentemente son reemplazados por técnicas enzimáticas de laboratorio que imitan el proceso digestivo; este enfoque no requiere tanto esfuerzo como la prueba de digestibilidad; por tanto, la evaluación de la digestibilidad de los forrajes es una tarea sencilla, debido a que estos pueden ser suministrados como el ingrediente único en la dieta de los animales; en cambio, para evaluar la digestibilidad de los alimentos concentrados, es imprescindible proporcionarlos junto con forraje, que actúa como alimento fundamental, dado que los concentrados por sí solos no aportan el volumen necesario; para calcular la cantidad esperada de excremento y sus componentes, en caso de que el forraje se digiera al mismo nivel que cuando se suministra de forma exclusiva, se emplean los coeficientes de digestibilidad del forraje (Bondi, 1988).

Los elementos de los alimentos que se procesan y asimilan en cierta ubicación específica pueden transformarse en nutrientes completamente diferentes a aquellos que resultarían si la digestión ocurriese en otra parte; por lo tanto, el valor nutricional de estos componentes no solo está condicionado por la medida en que son procesados (o su digestibilidad), sino también por la zona del sistema digestivo donde ocurre este proceso (McDonald *et al.*, 1993). En la Tabla 2 se presenta los coeficientes de digestibilidad de algunos insumos:

**Tabla 2. Coeficientes de digestibilidad de algunos insumos usados en la alimentación de cuyes (45 días de edad)**

Forraje	MS	Proteína	“Grasa	Fibra	MO	NDT
Alfalfa						
Verde	60.59	64.96	40.92	32.27	-	-
Heno	-	58.98	22.36	40.71	-	56.77
Trébol	68.22	70.82	9.13	10.50	-	-
Rye	72.06	75.54	58.09	50.83	69.60	-
Grass + trébol blanco						

Fuente: Castro y Chirinos (2021)

#### 4.2.4. TIPOS DE DIGESTIBILIDAD

##### a. Digestibilidad aparente (DA)

La evaluación se realiza mediante el contenido digestivo ileal y/o las heces; este método no determina qué proporción de la proteína es de origen dietético o de la secreción de nitrógeno endógeno, permitiendo únicamente inferir la cantidad de alimento que fue absorbida por el animal; las principales fuentes de pérdida de concentración nutriente excretado (NE), que son las mucoproteínas, enzimas pancreáticas e intestinales, saliva, secreciones biliares y gástricas, así como las células desprendidas de la mucosa intestinal, así como, la proteína derivada de fuentes bacterianas (Souffrant, 1991); por lo cual los niveles de actividad desaminasa se ven influenciados por la cantidad de proteína cruda presente en la dieta o alimento (Parra y Gómez, 2009).

$$CDA = \frac{AC * NC - CH * NE}{AC * NC} * 100$$

Donde:

CDA= Coeficiente de digestibilidad aparente

AC= Cantidad de alimento consumido

CH=Cantidad de heces

NC= Concentración del nutriente consumido

NE= Concentración nutriente excretado

### **b. Digestibilidad verdadera (DV)**

Para conocer que tanto aprovecha el cuy los nutrientes del alimento, se puede analizar lo que no digiere, ya sea en la ultima sección del intestino o en las heces; este análisis toma en cuenta una parte que el cuerpo elimina de manera natural y que se llama nitrógeno endógeno, que no proviene del alimento; al considerar ello, se obtiene un resultado más exacto de cuanto realmente se logra digerir; de ese modo, la cantidad de proteína en la comida, no tiende a afectar los resultados y es este método el que ayuda a preparar dietas más adecuadas para que el cuy crezca de la mejor manera posible y sano (Low, 1990); así mismo, la formula usada incluye cuanto alimento comió el cuy, cuanta materia eliminó, cuantos nutrientes había en la comida y en las heces, y también lo que el cuerpo elimina por sí solo:

$$CDV = \frac{AC * NC - ((CH * NE) - PE)}{AC * NC} * 100$$

Donde:

CDV=Coeficiente de digestibilidad verdadera

AC=Cantidad de alimento consumido

CH=Cantidad de heces

NC= Concentración del nutrimento consumido

NE= Concentración del nutriente excretado

PE=Pérdida endógena del nutriente

#### **4.2.5. FACTORES QUE AFECTAN LA DIGESTIBILIDAD**

La capacidad de digestión de los alimentos puede verse afectada tanto por las características intrínsecas del alimento como por las particularidades de los animales que los ingieren; comúnmente, los cereales y otros productos agrícolas presentan variaciones en su digestibilidad; por ejemplo, la avena y la cebada suelen ser menos digeribles debido a su alto contenido de fibra; por otro lado, las fuentes de proteínas como las pastas proteicas y las harinas derivadas de carne y pescado, generalmente ofrecen una alta digestibilidad en diversas especies; sin embargo, las harinas de productos como la sangre, las plumas y el pelo no se consideran igualmente digeribles (Shimada, 2007).

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

La digestibilidad de los alimentos, especialmente los forrajes, experimenta variaciones significativas, siendo el estado de madurez del forraje el factor más influyente en esta variabilidad; a medida que la planta madura, se observa una reducción en los niveles de proteínas y azúcares, mientras que aumenta la proporción de fibra, incluyendo celulosa y lignina; este cambio en la composición química resulta en una disminución progresiva de la digestibilidad del forraje; sin embargo, la caña de azúcar es una notable excepción a esta tendencia, ya que su digestibilidad se mantiene constante independientemente de su madurez (Shimada, 2007).

La capacidad de los alimentos para ser digeridos está íntimamente ligada a su composición química; por ejemplo, la cebada, que tiene una composición bastante uniforme entre diferentes lotes, muestra solo pequeñas diferencias en términos de digestibilidad; en contraste, otros alimentos como la hierba, ya sea fresca o preservada, tienen una composición más variable que resulta en una digestibilidad igualmente fluctuante; la digestibilidad se ve principalmente influenciada por el contenido de fibra en los alimentos, donde tanto la cantidad total como la composición específica de la fibra son factores cruciales (McDonald y Greenhalgh, 1999).

La composición de los forrajes, tanto frescos como preservados, varía significativamente, y su digestibilidad fluctúa en consecuencia; la presencia de fibra

bruta en los alimentos puede disminuir la digestibilidad, ya que actúa como una barrera que resguarda los nutrientes del proceso digestivo, tanto enzimático como microbiano; este efecto se observa en mayor medida en animales monogástricos en comparación con los rumiantes (Bondi, 1988).

#### **b. Composición de la ración**

La capacidad de los alimentos para ser digeridos no depende únicamente de su composición intrínseca, sino también de la interacción con otros alimentos ingeridos simultáneamente; por ejemplo, la combinación de alimentos fibrosos con alimentos concentrados puede resultar en una digestibilidad de raciones mixtas inferior a la anticipada, especialmente si los alimentos fibrosos son de baja calidad y se complementan con alimentos ricos en almidón (McDonald y Greenhalgh, 1999).

Los efectos asociativos se deben a que la combinación de diferentes alimentos resulta en una dieta más (o menos) balanceada en comparación con una dieta basada en un solo tipo de alimento (Bondi, 1988).

#### **c. Preparación de los alimentos**

La digestión de los alimentos se puede mejorar a través de métodos como la molienda, el laminado y la creación de pellets y hojuelas; aunque estos procesos pueden acelerar el tránsito del alimento a través del tracto gastrointestinal, lo que podría resultar en una menor digestión, este efecto se equilibra con un incremento en la ingesta de alimentos; este aumento en el consumo contribuye a una respuesta más favorable en los animales (Shimada, 2007).

La molienda de granos o semillas generalmente no incrementa su digestibilidad en animales que realizan una masticación exhaustiva, dado que las semillas no masticadas pueden ser excretadas intactas; además, la capa exterior de las semillas completas puede resistir el proceso enzimático digestivo; en contraste, los forrajes, al ser adecuadamente masticados, facilitan la absorción de los fluidos digestivos; por lo tanto, no se observan ventajas significativas al moler o picar el heno; de hecho, un procesamiento excesivo puede disminuir su digestibilidad, ya que el heno finamente molido transita demasiado rápido a través del sistema digestivo (Bondi, 1988).

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

La digestibilidad de los alimentos puede verse influenciada significativamente por la especie animal; por ejemplo, cerdos y aves tienen una mayor eficiencia al digerir alimentos ricos en proteínas y bajos en fibra; en contraste, los rumiantes destacan por su habilidad para procesar alimentos altos en fibra pero con menos proteínas; esta capacidad varía no solo entre especies, sino también dentro de una misma especie en distintas fases productivas, las cuales presentan requerimientos y patrones de alimentación únicos (Shimada, 2007).

La digestibilidad se refiere más a las características de los alimentos que a las de los animales que los ingieren; aunque es cierto que un mismo tipo de alimento puede variar en su nivel de digestión dependiendo del animal que lo consume, la especie del animal es el factor determinante; por ejemplo, los alimentos con bajo contenido de fibra son adecuadamente digeridos tanto por especies rumiantes como no rumiantes; en cambio, aquellos alimentos ricos en fibra son digeridos de manera más eficiente por los animales rumiantes (McDonald *et al.*, 1993).

#### **4.2.6. ALIMENTACIÓN CON FORRAJE**

En la alimentación de los cuyes en la costa peruana, se prefieren forrajes como la alfalfa (*Medicago sativa*), las hojas de maíz (*Zea mays*), el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), las hojas de camote (*Hypomea batata*), así como las hojas y tallos de plátano; también se utilizan diversas malezas, entre ellas la abadilla, el gramalote y la grama china (*Sorghum halepense*), además de otras variedades; en la región andina, se opta por la alfalfa, el Rye grass, el trébol y la retama, empleada como maleza; las zonas tropicales cuentan con una amplia gama de recursos forrajeros, habiéndose evaluado el uso de plantas como el kudzú, el maicillo, el gramalote, la amasisa (*Amasisa eritrina sp.*), el pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) y la brachiaria (*Brachiaria decumbes*) (López, 1987).

El cuy prefiere principalmente el forraje verde como alimento y, cuando se le ofrecen diversas opciones, opta por el forraje; se ha observado que ciertos ecotipos de cuyes son más eficientes en su rol de forrajeros. Investigaciones realizadas en dos ecotipos de cuyes en Perú revelaron que aquellos criados en la sierra norte mostraron mayor eficiencia alimentándose de un forraje más concentrado en

nutrientes, mientras que los cuyes de la sierra sur tuvieron un mejor desempeño con un régimen alimenticio basado en forraje (Hidalgo *et al.*, 1995).

Las leguminosas, dada su alta calidad nutricional, constituyen un alimento sobresaliente; sin embargo, a menudo la capacidad de consumo del cuy es insuficiente para cubrir sus necesidades nutricionales; por otro lado, las gramíneas poseen un valor nutricional más bajo, lo que hace recomendable la combinación de ambas especies para mejorar la dieta; por ejemplo, cuando se alimenta a los cuyes con alfalfa, su ingesta de materia seca en 63 días alcanza 1,636 kg, una cantidad inferior a la obtenida con chala de maíz o pasto elefante; es crucial implementar cambios graduales en la dieta para evitar trastornos digestivos, especialmente en las crías de menor edad (Huamán, 2007).

La cantidad de forraje proporcionada varía de 80 a 200 g por animal cada día; al administrar 80 gramos de alfalfa por animal diariamente, se logran pesos finales de 812.6 g, lo que representa un aumento total de peso de 588.2 gramos; por otro lado, al suministrar 200 g por animal al día, se obtienen pesos finales de 1,039 g, con un incremento total de peso de 631 g (Chauca, 1997).

#### **4.2.7. ALFALFA (*Medicago sativa*)**

Noli *et al.* (2006) señalan que la alfalfa, una leguminosa, se cultiva en una amplia gama de climas, desde los tropicales hasta los templados; se observó que diversas variedades de alfalfa que se introdujeron en Perú se acomodaron de manera excepcional a las condiciones ambientales de la sierra central del país.

Montenegro (2012) indica que, en contraste con las gramíneas, la alfalfa no acumula significativas reservas de polisacáridos pentósicos, aunque sí presenta cantidades menores de almidón y proporciones relativamente altas de pectina; además, este forraje destaca por su elevado contenido proteico, que puede superar el 20% si se cosecha en las etapas iniciales de su floración.

Palomino (2019) destaca la relevancia económica y la distribución geográfica de la alfalfa, señalando que es un cultivo prevalente en regiones de clima templado; esta prevalencia está directamente relacionada con la demanda constante de la ganadería intensiva, que requiere un suministro regular de alimentos

proporcionados por la industria, lo que a su vez ha promovido el cultivo de alfalfa para satisfacer las necesidades de la industria de piensos; la importancia del cultivo de alfalfa no solo radica en su valor como fuente natural de proteínas, fibra, vitaminas y minerales, sino también en su aporte al paisaje y su función como cultivo que contribuye a la conservación de la fauna; además, es notable la reducción de energía que implica la fijación simbiótica de nitrógeno, beneficiosa para el cultivo mismo.

#### **4.2.8. MANEJO PARA EL CORTE DE LA ALFALFA**

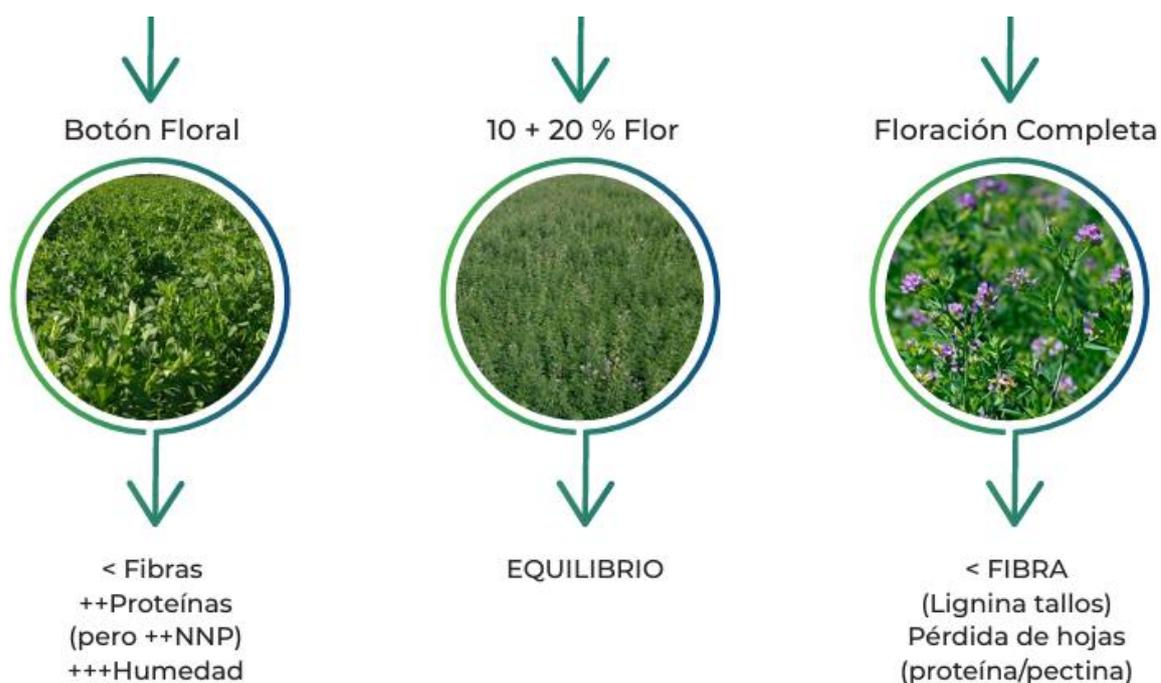
El manejo adecuado de la alfalfa permite que este logre su mayor capacidad de producción, vigor y persistencia; siendo este un factor de mucha importancia que va a garantizar un cultivo perenne, así logrando que alcancen de crecimiento activo entre 25 y 30 cm como mínimo para producir la floración (Clavijo y Cadena, 2011). En muchos de los casos existen altas temperaturas que afectan negativamente en la floración ya que produce un crecimiento irregular del cultivo (Rebuffo, 2005), entonces, se menciona que hay dos factores principales que afectan a la alfalfa como son las condiciones climáticas y los primeros botones para determinar el momento óptimo para el aprovechamiento del cultivo (Pereyra *et al.*, 2008).

Según Mendoza *et al.* (2010), la cantidad de luz solar que aprovecha la alfalfa depende tanto de cada cuánto se corta como de la época del año. Los resultados del estudio mostraron que cuando la alfalfa se corta cada 6 o 7 semanas, logra captar más luz, lo que ayuda a que crezca mejor, es decir aprovecha de mejor manera la luz proveniente del sol y capta el 90% de la radiación durante el año y en cambio, si se corta muy frecuentemente, es decir cada 3 o 4 semanas, solo logra captar un 48%; esto sucede debido a que cuando se corta muy seguidamente, la planta no tiene el tiempo necesario para formar suficientes hojas o alcanzar su índice óptimo de área foliar (IAF) necesario, lo que tiende a reducir su capacidad para crecer adecuadamente.

Por su parte GAPP (2010), recomienda cortar los alfalfares cuando alcanzan un 10% de floración. No obstante, este parámetro no siempre es confiable, ya que fuera de la primavera y el otoño, la alfalfa puede no florecer debido a los días más cortos. Además, en situaciones de estrés severo, como la sequía, la planta puede

florecer anticipadamente sin haber acumulado suficientes reservas. Por ello, se sugiere utilizar el crecimiento de los rebrotes de corona (3-5 cm) como indicador del momento adecuado para el aprovechamiento, ya que generalmente indican que el nivel de reservas es suficiente para un buen rebrote.

Las alfalfas tienen un sistema de reservas completo cuando comienzan a rebrotar, y este sería el momento ideal para obtener forraje de calidad, con una cantidad aceptable por corte. Además, se puede tener la certeza de que la cantidad de cortes anuales se incrementará, ya que se respetará la dinámica de crecimiento de la especie, logrando más cortes a lo largo de la temporada productiva. El momento óptimo para cortar la alfalfa es cuando empieza a rebrotar, asegurándose de que el rebrote no supere los 3 cm de altura, para poder cortar a los 6 cm sin dañarlo. (Percz et al., 2022)



Fuente: Percz et al. (2022)

**Figura 1. Momento de corte**

#### 4.2.9. CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO DE LA ALFALFA

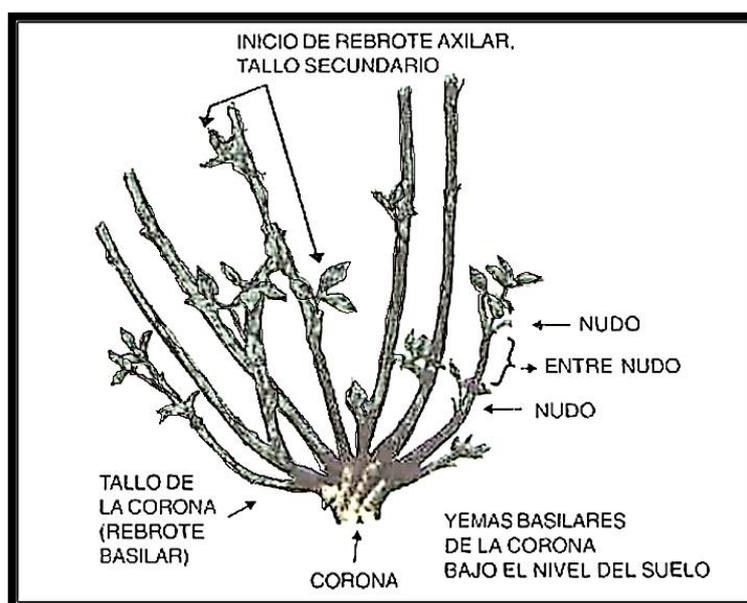
Los elementos esenciales para el crecimiento del sistema de raíces y la parte vegetativa aprovechable de la planta son el resultado del proceso de fotosíntesis que ocurre en la parte aérea de la misma (ver Figura 2); este proceso es vital para

la conversión de la luz solar en energía química, permitiendo así el desarrollo y la nutrición de la planta en su totalidad (Clavijo y Cadena, 2011).

En ese entender, la durabilidad de la alfalfa puede verse comprometida por cosechas o pastoreos realizados en tiempos no apropiados, los cuales son propicios para la remoción de los tallos y las hojas (Becerra, 2003).

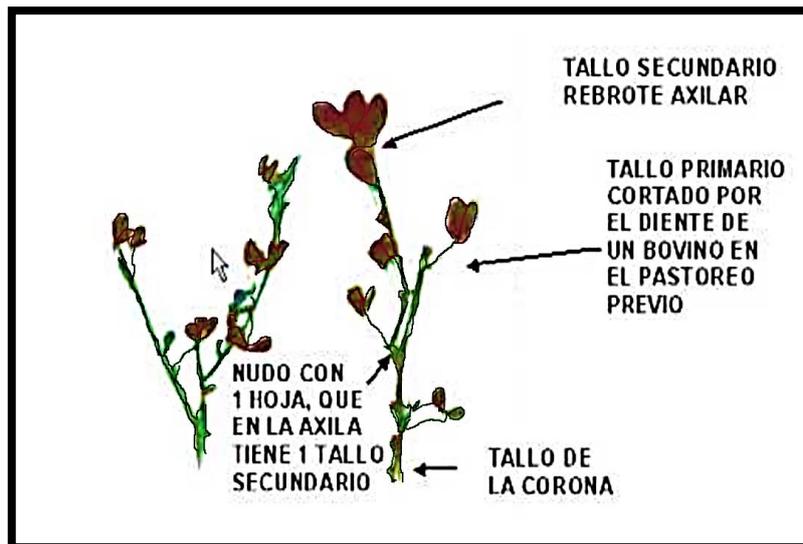
Para asegurar una producción y cultivo exitosos de la alfalfa, es esencial entender y controlar los elementos que afectan su desarrollo; además, es crucial conocer el proceso que garantiza la continuidad y la excelencia del cultivo de alfalfa a lo largo del tiempo; es así que conocer estos aspectos es fundamental para mantener un cultivo de alfalfa próspero y duradero (Rebora *et al.*, 2015).

La corona, una estructura subterránea situada justo encima de la raíz, es el lugar donde se inicia el crecimiento basal de la planta, lo que resulta en la formación de los tallos primarios y secundarios, constituyendo así el brote de la planta; en plantaciones que ya han sido establecidas, es desde la corona de donde emergen nuevos brotes, los cuales dan paso a tallos más robustos y vigorosos (Soriano, 2003). Como se puede apreciar en la Figura 2 y 3.



Fuente: Formoso (2000)

**Figura 2. Corona de alfalfa con sus tallos de la corona correspondiente al rebrote basilar**

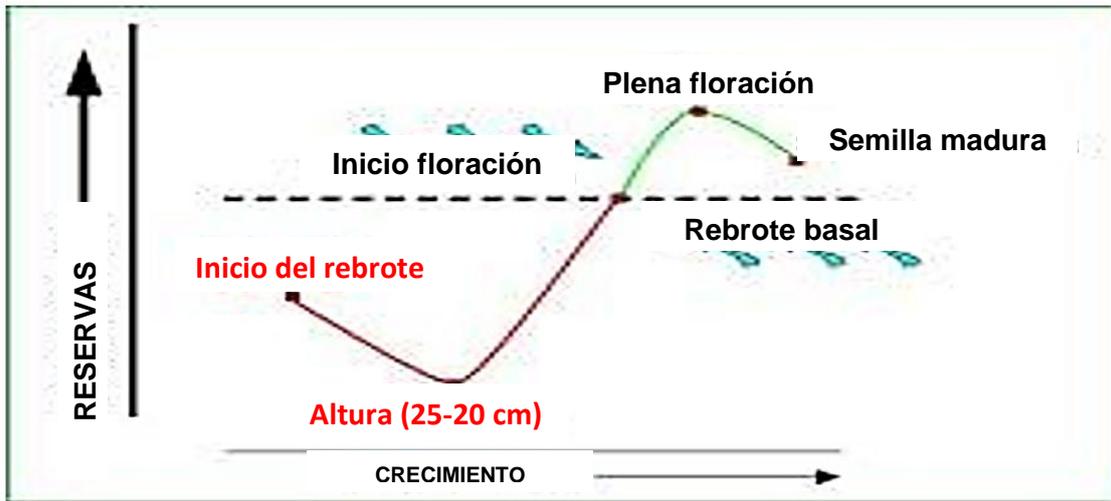


Fuente: Formoso (2000)

**Figura 3. Tallo secundario o axilar en crecimiento, localizado sobre un tallo primario.**

Cabe mencionar que en muchos lugares del país existe un mal manejo en la producción de la alfalfa, la cual se ve afectada por el pastoreo descontrolado y por el corte en momento inadecuados lo cual produce que disminuya la producción de macollos de la planta (Becerra, 2003). Por tal motivo se debe practicar el buen manejo evitando que afecte su desarrollo y crecimiento para así lograr una buena producción y lograr una calidad forrajera por un buen tiempo (Rebora *et al.*, 2015).

Comprender la evolución de las reservas en las plantas es fundamental para interpretar su comportamiento productivo frente a distintas técnicas de manejo; dichas reservas, compuestas principalmente por carbohidratos, son esenciales para iniciar el crecimiento tras cada siega o pastoreo y para resistir situaciones de estrés; es importante destacar que la alfalfa experimenta múltiples ciclos de crecimiento a lo largo del año, durante los cuales utiliza la energía acumulada en sus raíces y corona, como se muestra en la Figura 4 Este ciclo se mantiene hasta que el crecimiento reciente llega a medir entre 15 y 20 centímetros, punto en el cual las reservas de la planta se encuentran en su nivel más bajo (Rebuffo, 2005).



Fuente: Rebuffo (2005)

**Figura 4. Evolución del almacenamiento de reservas en raíz y corona**

#### **4.2.10. ESTADO FENOLÓGICO DE LA ALFALFA**

Si se demora el corte y pastoreo, los rebrotes basales desarrollan un tamaño más alto, los cuales se originan desde la corona (Fundación para la Innovación Agraria, 2007).

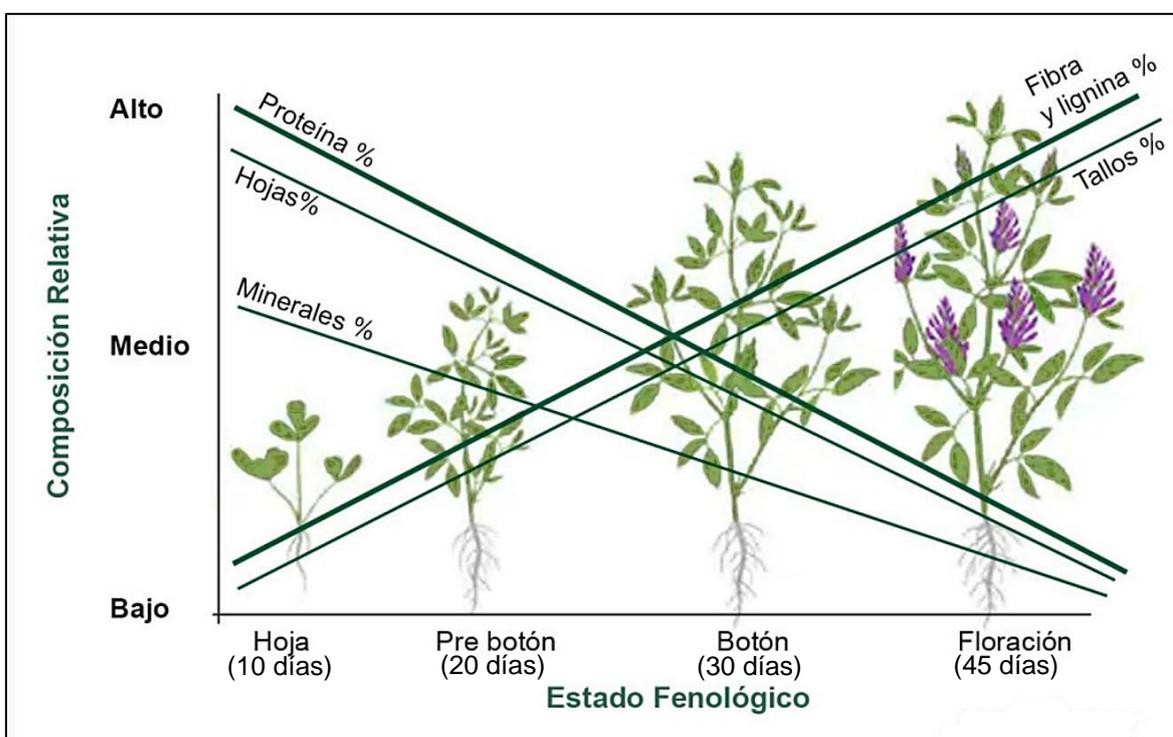
La germinación de la semilla, que está influenciada por su calidad fisiológica y el entorno, puede comenzar entre el tercer y séptimo día después de la siembra; la etapa de plántula concluye cuando la primera hoja real (unifoliada) brota por encima del brote del primer nudo del tallo; posteriormente, el crecimiento de los tallos secundarios ocurre una vez que el tallo principal ha desarrollado tres hojas trifoliadas, emergiendo de manera alternada en ambos lados del tallo (Paredes, 2013).

Florez (2015), menciona que la fase fenológica de la alfalfa se divide en cuatro etapas:

- Emergencia: Momento en la que los cotiledones emergen sobre la superficie del suelo marca una etapa importante; esta fase es particularmente observable durante el primer año de crecimiento de la planta; en años subsiguientes, esta observación se reemplaza por el monitoreo de la etapa del botón floral.

- Botón Floral: Se observa la emergencia de los primeros botones florales.
- Floración: Surge la primera flor.
- Maduración: Para la alfalfa destinada a forraje, es crucial registrar la fecha de corte; en cambio, cuando el objetivo es obtener semillas, la señal de madurez fisiológica se evidencia en el oscurecimiento de las vainas; este cambio de color indica que la semilla ha alcanzado el punto óptimo de desarrollo para su recolección.

En la Figura 5, se presenta las etapas fisiológicas considerando su composición relativa:



Fuente: White y Wolf (2009) citado en Lloveras y Melines (2015)

### Figura 5. La fase fenológica de la alfalfa

Esta planta leguminosa cuenta con un par de hojas embrionarias en su estructura (Calsamiglia *et al.*, 2004). También, la semilla contiene una radícula y un meristema situado encima de cada cotiledón, así como el endospermo, que son esenciales para la germinación; la expansión del embrión da lugar al desarrollo de una nueva planta, proceso que se completa cuando la radícula rompe la capa protectora de la semilla (Basigalup, 2007).

#### **4.2.11. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRITIVO DE LA ALFALFA**

La alfalfa joven se caracteriza por su alto contenido de agua y proteínas, y una baja presencia de celulosa; además, carece en gran medida de compuestos como la lignina, que son difíciles de digerir; esto hace que su contenido en materia seca sea altamente nutritivo, enriquecido con proteínas de fácil asimilación y elementos minerales esenciales (Castillo, 1990).

La razón de esto es que la absorción de nutrientes por la planta en sus etapas juveniles se realiza a una velocidad mayor que la del incremento de su masa. Contrariamente, al alcanzar la madurez, la planta experimenta un proceso inverso, donde la concentración de nutrientes disminuye a medida que la planta madura (Castro, 1989).

Las hojas de la planta presentan concentraciones significativamente distintas de proteínas y carotenos en comparación con los tallos; durante el crecimiento vegetativo, el porcentaje de materia seca disminuye en las hojas y aumenta en los tallos, que contienen tres veces menos proteínas, pero tres veces más fibra que las hojas, así como una octava parte de carotenos; además, a medida que la planta crece, la cantidad de celulosa bruta incrementa, reduciendo la digestibilidad y el valor nutricional general debido al aumento de las paredes celulares y la disminución del contenido celular (Piccioni, 1970).

Por otro lado, la alfalfa muestra una composición donde las hojas tienen un 26.6% de paredes celulares, mientras que los tallos alcanzan un 57.65%; además, el contenido celular promedio en las hojas es del 73.43% en comparación con el 42.36% en los tallos; estos datos corroboran la afirmación de que, desde un punto de vista nutricional, las hojas de la alfalfa son más ricas que los tallos (Castillo, 1990).

##### **a. Contenido de grasa**

Los contenidos de grasa en la alfalfa son relativamente bajos, oscilando entre 0.5 y 0.8% en su estado fresco, y aumentan a 2 - 2.5% cuando se convierte en heno y a 4 - 5% en el caso del heno ensilado, correspondiendo a los lípidos totales brutos. Por otro lado, las fracciones libres de nitrógeno presentan niveles ligeramente

mayores que los de la fibra cruda; no obstante, el valor nutricional de la alfalfa no se determina solo por su contenido energético neto o las proteínas digeribles; de hecho, la calidad nutricional de un alimento se ve también influenciada por la composición cualitativa de sus proteínas, minerales y vitaminas (Piccioni, 1970).

#### **b. Contenido de proteínas**

La alfalfa es una fuente de proteínas considerablemente rica, con un contenido que varía entre el 13 y el 28% en base a la materia seca; en ocasiones, la digestibilidad de la fracción proteica de la alfalfa de alta calidad puede alcanzar hasta el 80%; en promedio, la proteína bruta de la alfalfa está compuesta en un 85% por prótidos puros y en un 15% por compuestos nitrogenados no prótidos; los niveles más altos de proteína cruda se encuentran generalmente en los primeros y segundos cortes de la planta, con valores promedio de 22.42% y 20.47%, respectivamente (Pozo, 1977).

#### **c. Contenido de minerales**

La alfalfa se destaca por su rica composición mineral, lo que le confiere un alto valor nutricional; a medida que la planta madura, su contenido de calcio se incrementa, convirtiéndola en uno de los componentes más valiosos desde la perspectiva de la nutrición; de hecho, en comparación con otras plantas utilizadas para alimentación animal, la alfalfa sobresale por su concentración de calcio, alcanzando un promedio de 0.5% en su estado fresco y hasta un 2% cuando se convierte en heno; además, el fósforo presenta una concentración relativamente alta, alcanzando el 0.1% en pasto verde y el 0.4% en heno, con un promedio general de 0.24%, según Morrison (1969).

En contraste con los pastos, las leguminosas se distinguen por sus altas concentraciones de calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S) y, a menudo, cobre (Cu); por lo general, poseen menores niveles de manganeso (Mn) y zinc (Zn) en comparación con los pastos (Church y Pond, 1994).

#### d. Contenido de vitaminas

La alfalfa, rica en vitaminas, realza significativamente su valor como leguminosa forrajera en la dieta de los animales; entre estas, la vitamina A, conocida también como carotenos, y las vitaminas del complejo B, están presentes en abundancia. Investigaciones han demostrado que existe una relación inversa entre la altura de la alfalfa y los niveles de carotenos y proteínas; por otro lado, se ha observado una relación directa entre la foliosidad y la concentración de estos nutrientes esenciales (Piccioni, 1970).

#### 4.2.12. FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL CONSUMO DEL ESTADO FENOLÓGICO DE LA ALFALFA

Lloveras y Melines (2015) mencionan que los factores que intervienen en el consumo de la planta son:

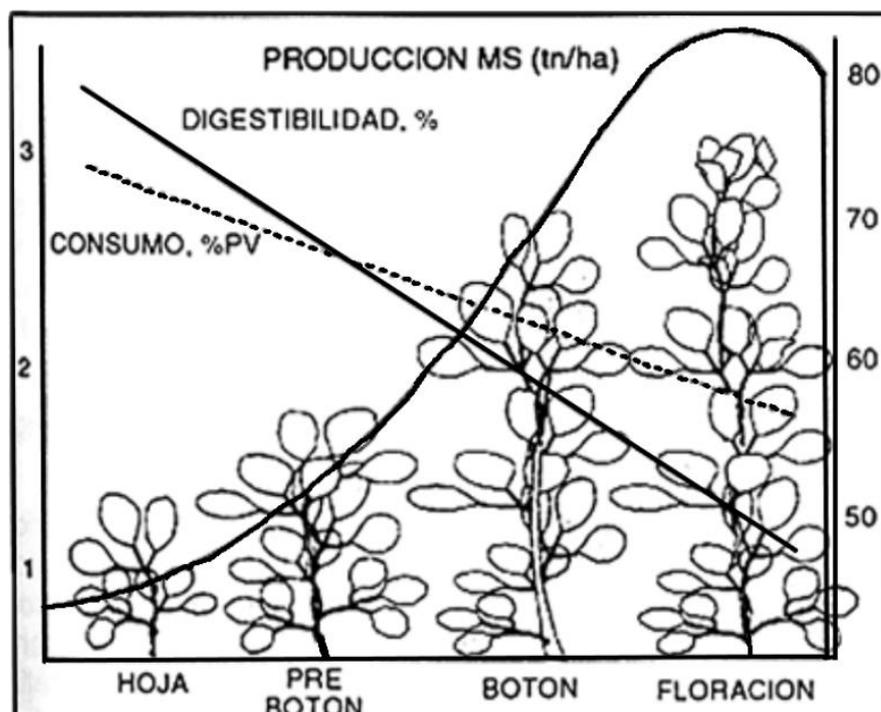
##### a. Variación de la composición Química

La época de corte, clima y localidad; pueden ser factores que afecten la composición del forraje, como se mencionó anteriormente la proteína bruta puede variar entre 23 a 27% en el corte de florecimiento y en el estado vegetativo entre 18 a 24% y finalmente en los botones florales pueden presentarse antes de la floración entre 19 a 21% una vez que comienza la floración, pero cuando está en proceso puede variar de 15 a 19% (Lloveras y Melines, 2015). En la Tabla 3 y Figura 6, se presenta la variación de la calidad de la alfalfa en función de su estado fenológico:

**Tabla 3. Variación de la calidad de la alfalfa en función del estado fisiológico**

<b>Estado fenológico</b>	<b>Cenizas</b>	<b>Proteína bruta</b>	<b>Fibra neutro detergente (FND)</b>	<b>Digestibilidad de la Materia Seca (%)</b>
Vegetativo	11.8	27.6	30.8	75.5
Botones florales	10.7	24.3	39.9	63.9
Inicio floración	10.3	21.2	41.7	61.5
Floración plena	9.3	19.3	44.0	57.8

**Fuente:** Bosworth y Stringer (1992)



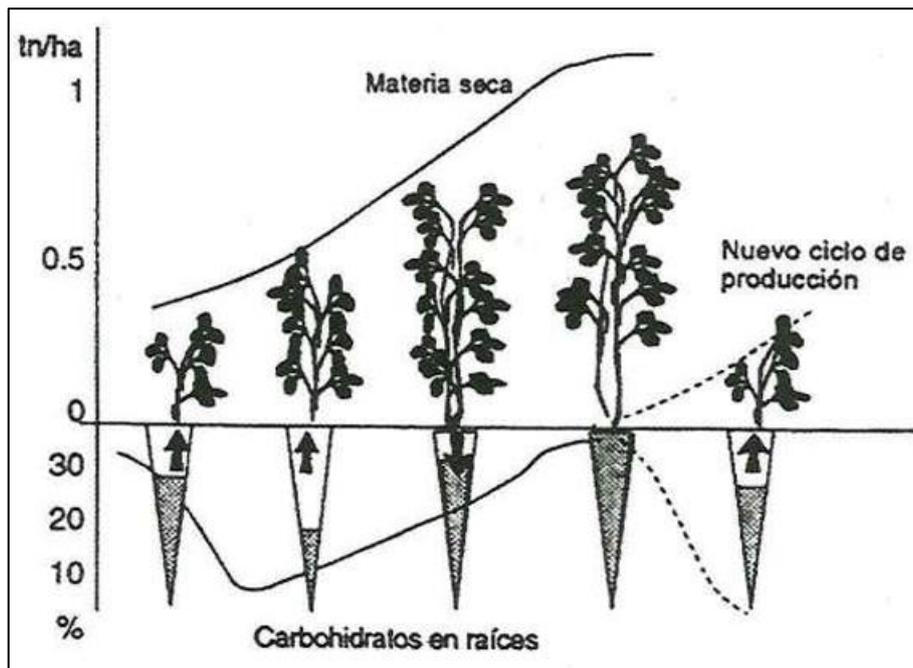
Fuente: Clavijo y Cadena (2011)

**Figura 6. Evolución de la producción de materia seca, la digestibilidad del forraje y el consumo animal de alfalfa en distintos estados de madurez**

### **b. Calidad Forrajera**

Andueza y Muñoz (2020) señalan que la calidad del forraje se refiere a la aptitud de los nutrientes contenidos en él para transformarse en carne o leche tras su consumo por parte de los rumiantes; además del valor nutricional inherente al forraje, el consumo del mismo constituye el factor más significativo que determina la respuesta productiva del animal.

Por esta razón, es importante destacar que la alfalfa representa un alimento forrajero de superior calidad nutricional; su alto nivel de proteínas, minerales y vitaminas, junto con la óptima calidad de su fibra, la convierten en una opción muy atractiva para la alimentación de animales de producción; esta combinación de nutrientes no solo favorece el crecimiento, sino que también contribuye a una mayor eficiencia en la producción pecuaria (Andueza y Muñoz, 2020). En la Figura 7, se presenta la evolución de la producción de forraje y de los carbohidratos que se almacenan en la corona y raíz de la alfalfa:



Fuente: Soto (2000)

**Figura 7. Evolución de la producción de forraje y de los carbohidratos de reserva en la corona y raíz de la alfalfa, en diferentes estados de madurez.**

## **V. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

### **5.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente investigación se llevó a cabo en la Unidad de Cuyes y en el Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Escuela Profesional de Zootecnia, perteneciente a la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Ambas instalaciones se encuentran ubicadas en el Centro Agronómico de K'ayra, en el distrito de San Jerónimo, Cusco.

#### **5.1.1. UBICACIÓN POLÍTICA**

Región	Cusco
Provincia	Cusco
Distrito	San Jerónimo
Lugar	K'ayra

#### **5.1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

Latitud sur	13°33'41"
Latitud oeste	71°52'37.5"
Altitud	3219 msnm

#### **5.1.3. LÍMITES**

Por el norte	Vía de evitamiento
Por el oeste	Rio Huanacauire
Por el sur	Zona Mesapata, Chacaqyoc, Rumitaqayoc y Churumoqo
Por el este	Fundo Leticia y Zona Sillkina

## 5.2. DURACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación tuvo una duración de 10 meses en promedio, de los cuales se destinaron tres meses para realizar el corte de alfalfa; para ello se realizaron las siguientes actividades de acuerdo a la etapa de evaluación.

### a. Etapa pre experimental

- **Preparación del alimento (alfalfa):** Se realizó el corte a los 60 días en el mes de febrero, el segundo corte fue a los 45 días y el tercer corte fue a los 30 días, luego se trasladó a la unidad de cuyes, para que luego realizar el proceso de henificación en el mes de mayo y ser utilizar en la evaluación experimental; esta etapa tuvo una duración de 70 días en promedio.
- **Acondicionamiento del galpón:** Se realizó la limpieza y desinfección del ambiente donde se realizó el experimento, asimismo, se verificó el estado de las jaulas metabólicas y se procedió a reparar aquellas que lo requirieron; en cuanto al equipamiento, se colocaron bebederos y comederos en cada compartimiento de las jaulas; por último, se seleccionaron los animales acordes a su edad fisiológica y que se encontraban en buenas condiciones sanitarias; este proceso tuvo una duración promedio de 30 días.

### b. Etapa experimental

Primero se realizó la adaptación al alimento de los animales, así como al nuevo ambiente donde se realizó la crianza, el cual tuvo una duración de siete días; posteriormente, se efectuó el ensayo de digestibilidad que duró siete días; para el análisis químico del alimento, se revisó cuánto contenido seco y orgánico tenía y estas pruebas se hicieron en el Laboratorio de Nutrición y Tecnología de Alimentos y tomaron, en promedio, 120 días.

## 5.3. CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

Se utilizó el termohigrómetro para el control de temperatura y humedad relativa de manera diaria, como se visualiza en la siguiente tabla:

**Tabla 4. Registro de temperatura y humedad**

Días	Normal	
	Temperatura (°C)	Humedad (%)
1	17.6	32
2	17.35	32.5
3	17.15	33.5
4	16.75	29
5	17.3	30
6	17.6	33
7	17.25	33
Promedio total	17.3	31.9
Desviación estándar	1.8	2.5
Promedio 6:00 am	15.6	33.6
Promedio 6:00 pm	19.0	30.1

## **5.4. MATERIALES Y EQUIPOS**

### **5.4.1. MATERIAL BIOLÓGICO**

Para el presente estudio, se utilizaron 45 cuyes hembras de línea Perú, 15 hembras en etapa de destete con un peso promedio inicial de  $424.5 \pm 15.16$  g, 15 hembras en etapa de crecimiento con un peso promedio inicial de  $605.2 \pm 35.49$  g; 15 hembras en etapa adulta con un peso promedio inicial de  $848.6 \pm 34.4$  g, los cuales fueron provenientes del distrito de Chincheros, de la provincia de Urubamba, región Cusco.

### **5.4.2. INSUMOS DE ALIMENTO**

- Alfalfa Moapa henificada de cortes a los 30, 45 y 60 días.

### **5.4.3. MATERIALES DE CAMPO**

- Jaulas metálicas
- Balanza digital 5 kg (sensibilidad de 1g)
- Desinfectante Germón 80 \*250 ml
- Cuaderno de registro

- Bolsas plásticas con cierre hermético.
- Bolsas de papel Kraft (15.5\*9.5\*4.5 cm)
- Mallas para recolección de heces de forma individual
- Etiquetas para identificar las mallas
- Comederos de material de polipropileno
- Bebederos de tipo chupón de metal

#### **5.4.4. EQUIPOS DE LABORATORIO**

- Balanza analítica de 220 g/1 mg (marca Sartorius, modelo Quintix 224-1x)
- B precisión 1100 g (marca Sartorius, modelo Practum 1100-x)
- Molino de marca IKA (modelo MF10-Basic)
- Estufa de circulación de aire forzado (marca Binder, modelo FED720)
- Mufla de marca Protherm (modelo ECO 110/9)
- Espectro Infrarrojo Cercano-NIR (marca Perten, modelo DA7250)

### **5.5. MÉTODOS**

#### **5.5.1. INSTALACIÓN DE EQUIPOS**

Se utilizaron jaulas metabólicas de acero inoxidable con dimensiones de 0.38\*0.32\*0.30 m, siendo estas construidas de metal y malla galvanizada; del mismo modo, se colocaron los comederos con una capacidad de 1 kg en cada compartimento de la jaula, y se suministró agua de manera *ad libitum*; por otra parte, se ubicó el recolector de heces debajo de cada jaula, de los cuales cada uno tenía su respectiva malla para separar las heces de la orina.

#### **5.5.2. PREPARACIÓN DEL ALIMENTO**

Para la obtención de alimento, se realizó el corte de alfalfa (variedad Moapa) de forma uniforme previamente con un año de anterioridad, posterior a esto se realizaron cortes independientes a los 30, 45 y 60 días de rebrote; por último, se henificó la alfalfa por un periodo de cinco días al aire libre.

### 5.5.3. SUMINISTRO DE ALIMENTO

La alimentación se realizó una vez al día en horas de las 6:00 am, donde se suministró 100 g de alimento para cuyes en etapa adulta, 90 g en crecimiento y 70 g en destete; se registró de forma diaria el alimento rechazado; previo al inicio de la alimentación, se evaluó la calidad de la alfalfa empleada como se observa en la siguiente tabla.

**Tabla 5. Composición nutricional de la alfalfa empleada en base seca**

	<b>T1 (30 días)</b>	<b>T2 (60 días)</b>	<b>T3 (90 días)</b>
Proteína (%)	19.98	18.03	16.45
Grasa (%)	2.43	2.58	2.50
Fibra Cruda (%)	31.85	31.87	32.26
FND (%)	52.62	53.49	50.86
FDA (%)	31.79	32.55	30.66
Cenizas (%)	10.52	9.99	9.04
Calcio (%)	0.36	0.35	0.32
Fosforo (%)	0.35	0.34	0.31
Humedad (%)	2.54	1.95	2.00

**Fuente:** Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos (2023)

### 5.5.4. DISTRIBUCIÓN DE UNIDADES EXPERIMENTALES

Los tratamientos se distribuyeron según días de corte de la alfalfa y edad de los cuyes, donde se consideraron tres tratamientos (días de corte a los 30, 45 y 60 días) con cinco repeticiones de cada edad de cuyes, haciendo un total de 45 unidades experimentales, tal como se observa en la tabla 6:

**Tabla 6. Distribución de unidades experimentales**

<b>Etapa</b>	<b>T1 (alfalfa de 30 días de corte)</b>	<b>T2 (alfalfa de 45 días de corte)</b>	<b>T3 (alfalfa de 60 días de corte)</b>
Destetados	5	5	5
Crecimiento	5	5	5
Adultos	5	5	5
Total por tratamiento	15	15	15
Total		45	

### **5.5.5. ETAPAS DEL EXPERIMENTO**

#### **a. Etapa pre experimental**

La etapa previa a la evaluación tuvo una duración de 100 días, debido a que se implementaron las instalaciones y se preparó el alimento (heno de alfalfa).

En este periodo se mezcló el alimento de heno de alfalfa y en menor proporción el mismo forraje en base fresca, esto con el fin de que los animales se adapten al alimento básico (heno de alfalfa) y se remuevan los residuos de alimento suministrado del tracto digestivo con anterioridad al experimento. Además, en esta etapa los animales reconocieron el nuevo ambiente y se adaptaron a las condiciones ambientales del galpón.

#### **b. Etapa experimental**

##### **– Alimentación de animales**

Se proporcionó de alimento una vez al día, previamente se realizó el pesaje del heno, teniendo este un tamaño de picado de 4 cm; se realizó el registro del peso de alimento suministrado y rechazado con una balanza de precisión digital.

### – Colección de heces

Las heces fueron recolectadas cada mañana en horario de 5 a 7 am, donde se limpiaron de impurezas como alimento y pelos provenientes de los animales, esto con el fin de evitar variaciones en su composición, luego se colocaron en bolsas de papel y se codificaron para seguidamente proceder con el pesaje de las mismas. Al finalizar este procedimiento, se llevaron las muestras al Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos para su respectivo análisis posterior al experimento.

### – Evaluación en el laboratorio

Las muestras de alimento y heces fueron llevadas al laboratorio de Nutrición y Tecnología de Alimento para su análisis y antes de eso, previo a ello las muestras se colocaron por 48 horas haciendo uso de una estufa por la que circulaba aire caliente a 60°C y luego, se molieron hasta quedar finas haciendo uso de un molino y finalmente se guardaron en bolsas de plástico bien cerradas con la finalidad de que se ensucien o se contaminen.

## 5.6. VARIABLES EVALUADAS

### a. Consumo de alimento

Para determinar dicho valor se utilizó el valor de la cantidad de alimento suministrado diariamente y se tomó el peso del desperdicio.

$$\text{Consumo de alimento diario (CAD)} = \text{Alimento suministrado} - \text{Residuo}$$

### b. Digestibilidad

La digestibilidad se determinó en función al alimento consumido y las heces, las cuales fueron expresadas en términos de índice de digestibilidad y en forma porcentual para las variables en evaluación (materia seca, materia orgánica y la energía).

$$D\% = \left( \frac{\text{consumo} - \text{heces}}{\text{consumo}} \right) * 100$$

## 5.7. MÉTODOS ANALÍTICOS DE MUESTRA

Se realizó el secado y molienda de la muestra, las cuales fueron conservadas en bolsas de polipropileno y congeladas (-20 °C) para su análisis.

### a. Análisis de materia seca

Se procedió a realizar la deshidratación de las muestras de alimento y heces, esto por 16 horas a 105°C en la estufa de circulación de aire forzado, según el método AOAC (2005) 942.05, esto permitió determinar la humedad y realizar el cálculo de materia seca, considerando la siguiente fórmula: AOAC

$$\%MS = 100 - \% Humedad$$

### b. Análisis de materia orgánica

Se utilizó muestras secas molidas, luego se determinó por el método de calcinación de la muestra en una mufla a temperatura de 600 °C, durante 8 horas como indica el método de referencia AOAC (2005) 942.05; es así que se determinó por la diferencia entre materia seca y ceniza para obtener el porcentaje de MO; el peso de las muestras se efectuó en una balanza analítica de 200 g/l; tal como se observa en la siguiente fórmula:

$$\%MO = 100 - \% Humedad - \% Ceniza$$

## 5.8. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la presente investigación, se utilizó el diseño completo al azar con arreglo factorial de 3 x 3, combinando tres edades de la alfalfa (cosechada a los 30, 45 y 60 días) con tres edades de los cuyes (recién destetados, en crecimiento y adultos); para cada combinación se hicieron cinco repeticiones, es decir, se repitió cinco veces para tener resultados más confiables y luego, se hizo un análisis estadístico llamado análisis de varianza, que sirve para ver si hay diferencias importantes entre los grupos y para comparar los promedios de los resultados, se utilizó una prueba llamada Tukey, que ayuda a saber si las diferencias entre los grupos realmente son importantes, esta prueba se hizo con un nivel de confianza del 95%, lo que quiere

decir que hay muchas probabilidades de que los resultados sean correctos y no se deban al azar.

A continuación, se muestra el modelo aditivo lineal que fue empleado para el análisis de varianza:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ij}$ : Observación en el tratamiento  $i$ -ésimo

$\mu$ : Media general de las observaciones

$A_i$ : Efecto del factor A (tiempo de corte de la alfalfa)

$B_j$ : Efecto del factor B (edad/estado fisiológico de los animales)

$AB_{ij}$ : Efecto de la interacción A x B

$e_{ijk}$ : Error aleatorio

Previo al análisis de varianza, los datos fueron sometidos a la prueba de Tukey y distribución normal de los datos (prueba de normalidad de Shapiro-Wilk); el análisis estadístico fue realizado mediante el programa estadístico Minitab 19°R.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. CONSUMO DE MATERIA SECA Y MATERIA ORGÁNICA

En la Tabla 7, se observa que no existe diferencias estadísticas significativas entre los días de corte ( $P>0.05$ ) referente al consumo de materia seca (MS); asimismo, no se encontró efecto en la interacción ( $P>0.05$ ); no obstante, en cuanto a la edad del cuy, se evidencia que los cuyes adultos obtienen una mayor ingesta de  $50.72 \pm 4.41$  g, seguido de los animales en crecimiento con  $47.41 \pm 4.31$  g, pero es menor en los cuyes destetados con  $35.89 \pm 3.23$  g. Los valores del consumo de materia seca son inferiores a lo reportado por Vargas (2023), quien indica una ingesta de  $60 \pm 5.55$  g en cuyes machos. No obstante, tales valores difieren con Castro (2023), pues reportó que el consumo es de 87.19g en cuyes machos de 120 días de edad. De manera contraria, Aucahuaqui (2022) registró un consumo de 142.75 g/animal/día; asimismo, Salas (2023) halló que el consumo es de  $74.21 \pm 12.42$  g en cuyes machos en etapa adulta, además, el consumo de materia seca fue superior en a los 30 y 45 días con  $66.84 \pm 14.48$  g y  $67.23 \pm 15.06$  g, respectivamente; se evidencia un menor consumo en cuyes hembras en comparación a los estudios revisados, debido a que los cuyes machos suelen tener mayores requerimientos de energía y proteína debido a su mayor tamaño corporal y tasa de crecimiento, lo que se traduce en un consumo más elevado de MS.

Por otra parte, se observa que no existe diferencias estadísticas significativas entre los días de corte ( $P>0.05$ ) referente al consumo de materia orgánica (MO); sin embargo, en función a la edad ( $P<0.05$ ), el consumo fue mayor en cuyes adultos y en crecimiento con  $45.36 \pm 3.91$  g y  $42.44 \pm 3.85$  g, respectivamente, pero fue inferior en los animales destetados con  $31.51 \pm 3.18$  g; referente a la interacción se observa que no existe diferencias significativas ( $p>0.05$ ). Los valores del consumo de materia orgánica son inferiores a lo encontrado por Castro (2023), quien reportó que el consumo es de 78.22 g en cuyes de 120 días de edad. De manera contraria, Aucahuaqui (2022) registró un consumo de  $129.87 \pm 2.39$  g MO/animal/día; asimismo, Salas (2023) halló que el consumo es de  $66.19 \pm 10.99$  g en cuyes de 90 días de edad, además el consumo a los 30 y 45 día de corte fue de  $59.26 \pm 12.96$  g y  $59.96 \pm 13.47$  g, respectivamente; los resultados pueden atribuirse a que en las primeras etapas de crecimiento de la alfalfa, las plantas presentan una mayor

proporción de hojas tiernas y más digestibles; en este punto, el forraje es más palatable y tiene una mayor concentración de nutrientes. Además, las hembras en edad adulta requieren de nutrientes para el mantenimiento corporal y funciones reproductivas, lo que implica su mayor consumo, en comparación a los cuyes destetados que necesitan una cantidad significativa para su rápido crecimiento.

**Tabla 7. Consumo de alimento en cuyes hembras**

		Consumo de MS (g)	Consumo de MO (g)
Días de corte	30	44.58 ± 7.71 a	39.48 ± 7.18 a
	45	46.44 ± 8.60 a	41.34 ± 8.13 a
	60	42.99 ± 6.19 a	38.48 ± 5.68 a
Edad del cuy	Destetado	35.89 ± 3.23 b	31.51 ± 3.18 b
	Crecimiento	47.41 ± 4.31 a	42.44 ± 3.85 a
	Adulto	50.72 ± 4.41 a	45.36 ± 3.91 a
Días de corte*edad de cuy	30 días*destetado	35.65 ± 2.23 a	31.02 ± 1.87 a
	30 días*crecimiento	46.51 ± 3.76 a	41.46 ± 3.45 a
	30 días*adulto	51.59 ± 4.84 a	45.98 ± 4.32 a
	45 días*destetado	36.04 ± 5.10 a	31.57 ± 5.31 a
	45 días*crecimiento	50.02 ± 2.41 a	44.78 ± 2.16 a
	45 días*adulto	53.27 ± 4.18 a	47.68 ± 3.75 a
	60 días*destetado	35.99 ± 2.33 a	31.94 ± 1.77 a
	60 días*crecimiento	45.70 ± 5.63 a	41.08 ± 5.07 a
	60 días*adulto	47.29 ± 1.84 a	42.43 ± 1.66 a
P-valor	Días de corte	0.061	0.093
	Edad de cuy	0.000	0.000
	Días de corte*edad de cuy	0.420	0.395

**Leyenda:** MS: Materia Seca, MO: Materia Orgánica; \*\*abc las letras distintas de la misma columna indican diferencias significativas al  $\alpha = 0.05$  de la prueba Tukey

## 6.2. DIGESTIBILIDAD APARENTE

### 6.2.1. DIGESTIBILIDAD DE MATERIA SECA (MS)

En la Tabla 8, se evidencia que no hubo diferencias importantes entre los diferentes días en que se cortó la alfalfa, ya que todos los grupos eliminaron cantidades similares de materia seca (MS) en las heces ( $p > 0.05$ ) y tampoco se identificaron diferencias cuando se combinaron los días de corte con la edad de los cuyes ( $p > 0.05$ ); sin embargo, respecto a la edad de los cuyes, se evidenció que los adultos

podieron eliminar más materia seca en sus heces, con un promedio de 18.88 gramos, seguido de los animales en crecimiento con  $18.05 \pm 2.40$  g, pero es menor en los cuyes destetados con  $14.83 \pm 2.83$  g. Los valores obtenidos son inferiores a lo registrado por Salas (2023), quien encontró una excreción de MS de  $23.31 \pm 4.46$  g en cuyes adultos; mientras que Castro (2023) obtuvo un valor inferior de  $17.99 \pm 5.78$  g en cuyes de 120 días; esto podría deberse a que, a pesar de las diferencias en la composición del forraje como la cantidad de fibra, los cuyes logran compensar estas variaciones con mecanismos digestivos eficientes que mantienen la excreción de MS relativamente estable.

En cuanto a la fracción digerida, se observa la misma tendencia entre los días de corte ( $p < 0.05$ ), donde a los 45 días de corte se obtiene una mayor eficiencia digestiva de  $28.35 \pm 4.83$  g, seguido del corte a los 30 días con  $27.74 \pm 5.32$  g, pero es menor a los 60 días con  $25.99 \pm 4.65$  g; en relación a la edad ( $p < 0.05$ ), los cuyes destetados mostraron una mayor eficiencia con  $31.64 \pm 2.30$  g, mientras que en cuyes en crecimiento y adultos obtuvieron una menor eficiencia con  $29.02 \pm 3.01$  g y  $21.42 \pm 1.34$  g, respectivamente; sin embargo, no se evidencia diferencias significativas del efecto en la interacción ( $P > 0.05$ ); los valores son inferiores a lo registrado por Salas (2023), quien encontró una fracción digerida de  $50.91 \pm 12.55$  g en cuyes adultos; por su parte Castro (2023), obtuvo un valor inferior de  $69.63 \pm 20.57$  g en cuyes de 120 días; esto podría deberse a que la fracción digerida representa la cantidad de nutrientes que los cuyes pueden aprovechar, el cual está influenciado por la calidad del forraje (día de corte) y la etapa fisiológica de los animales (edad).

Respecto al coeficiente de digestibilidad de MS, se observa que no existen diferencias significativas entre los días de corte y en el efecto de la interacción ( $P > 0.05$ ); no obstante, en función a la edad se observan diferencias ( $P < 0.05$ ), donde los cuyes adultos obtienen un mayor coeficiente de  $62.50 \pm 3.36\%$ , seguido de los cuyes en crecimiento con  $61.51 \pm 3.75\%$ , pero es inferior en los cuyes destetados con  $58.33 \pm 3.20\%$ . Los valores de digestibilidad de materia seca son superiores a lo obtenido por Lagos y Velasco (2005), quienes registraron un coeficiente de MS de  $67.78\%$  al suministrar alfalfa en la alimentación, mientras que Abarca (2015) encontró una digestibilidad de  $53.64\%$  en la alfalfa de menor edad

fenológica; a diferencia de Campos (2007) que reportó un coeficiente de 75.60%. Guevara *et al.* (2008) mencionan que la digestibilidad aparente al realizar el método de recolección total, genera una digestibilidad superior en la alfalfa frente a la caña de azúcar. Por otra parte, Aguirre (2008) reportó una digestibilidad de  $23.52 \pm 2.88\%$ ; mientras que Castro y Chirinos (2021), refieren un coeficiente 59.00%. Otros estudios como el de Castro (2023), demostraron que la digestibilidad es de 79.40% en cuyes de 60 días de edad; Ancahuaqui (2022) registró un valor de  $88.30 \pm 1.57\%$ ; en comparación a Salas (2023), quien reportó una digestibilidad aparente de  $66.84 \pm 14.48\%$  en cuyes destetados,  $67.23 \pm 15.06\%$  en crecimiento y  $59.96 \pm 13.47\%$  en adultos. Tales valores son superiores a lo obtenido por Vargas (2023), quien reportó un coeficiente de  $61.35 \pm 3.80\%$  al suministrar harina de alfalfa; esta tendencia podría deberse al desarrollo fisiológico del sistema digestivo acorde a la edad de los animales, ya que los cuyes adultos tienen un sistema digestivo más maduro y eficiente, capaz de digerir de manera más efectiva forrajes con mayor contenido fibroso, como la alfalfa, lo que resulta en un mayor aprovechamiento de la materia seca consumida.

**Tabla 8. Variación del coeficiente de digestibilidad de materia seca**

		MS en heces (g)	Fracción digerida MS (g)	Digestibilidad MS (%)
Días de corte	30	16.90 ± 2.95 a	27.74 ± 5.32 ab	61.53 ± 4.13 a
	45	18.12 ± 3.63 a	28.35 ± 4.83 a	60.48 ± 2.67 a
	60	16.73 ± 2.21 a	25.99 ± 4.65 b	60.34 ± 4.55 a
Edad del cuy	Destetado	14.83 ± 2.83 b	31.64 ± 2.30 c	58.33 ± 3.20 b
	Crecimiento	18.05 ± 2.40 a	29.02 ± 3.01 b	61.51 ± 3.75 a
	Adulto	18.88 ± 2.83 a	21.42 ± 1.34 a	62.50 ± 3.36 a
Días de corte*edad de cuy	30 días*destetado	14.53 ± 2.86 a	21.23 ± 0.88 a	58.67 ± 3.87 a
	30 días*crecimiento	17.15 ± 2.58 a	29.36 ± 2.54 a	63.02 ± 4.05 a
	30 días*adulto	19.02 ± 2.86 a	32.63 ± 2.40 a	62.90 ± 3.87 a
	45 días*destetado	20.13 ± 2.64 a	22.31 ± 1.89 a	59.52 ± 2.33 a
	45 días*crecimiento	19.78 ± 0.72 a	30.23 ± 1.97 a	60.25 ± 1.38 a
	45 días*adulto	20.13 ± 3.65 a	32.49 ± 1.67 a	61.67 ± 3.81 a
	60 días*destetado	15.50 ± 1.44 a	20.72 ± 0.53 a	56.81 ± 2.96 a
	60 días*crecimiento	17.21 ± 2.72 a	27.44 ± 4.03 a	61.26 ± 5.09 a
	60 días*adulto	17.48 ± 1.44 a	29.80 ± 1.90 a	62.94 ± 2.96 a
P-valor	Días de corte	0.244	0.016	0.607
	Edad de cuy	0.000	0.000	0.007
	Días de corte*edad de cuy	0.356	0.818	0.650

**Leyenda:** MS: Materia Seca; \*\*abc las letras distintas de la misma columna indican diferencias significativas al  $\alpha = 0.05$  de la prueba Tukey

### 6.2.2. DIGESTIBILIDAD DE MATERIA ORGÁNICA (MO)

En la Tabla 9, se observa que no existen diferencias estadísticas significativas entre los días de corte y efecto en la interacción referente a la excreción de MO en heces ( $P > 0.05$ ); no obstante, en cuanto a la edad del cuy, se evidencia que los cuyes adultos tuvieron una mayor excreción de  $15.69 \pm 2.05$  g, seguido de los animales en crecimiento con  $16.73 \pm 2.25$  g, pero es menor en los cuyes destetados con  $13.74 \pm 1.92$  g. Los valores obtenidos son inferiores a lo reportado por Salas (2023), quien registró una excreción de MS de  $21.80 \pm 4.17$  g en cuyes adultos, mientras que Castro (2023) encontró  $16.30 \pm 5.32$  g en cuyes de 90 días de edad; esto podría atribuirse a que los cuyes adultos tienen menor actividad metabólica y menores requerimientos energéticos para el crecimiento, lo que resulta en un menor aprovechamiento de los nutrientes, especialmente si la dieta es rica en fibra, lo que aumenta la excreción de materia orgánica.

En cuanto a la fracción digerida de MO, se observa la misma tendencia entre los días de corte ( $p < 0.05$ ), donde a los 45 días de corte se obtiene una mayor eficiencia digestiva de  $31.67 \pm 6.01$  g, seguido del corte a los 30 días con  $31.34 \pm 6.14$  g, pero es menor a los 60 días con  $28.57 \pm 5.68$  g; en relación a la edad ( $p < 0.05$ ), los cuyes adultos mostraron una mayor eficiencia con  $35.27 \pm 3.39$  g, seguido de los cuyes en crecimiento  $32.68 \pm 3.98$  g, pero los cuyes destetados obtuvieron una menor eficiencia con  $23.62 \pm 2.19$  g; por último, no se evidencian diferencias significativas del efecto en la interacción ( $P > 0.05$ ). Los valores obtenidos son inferiores a lo registrado por Castro (2023), quien registró que la fracción digerida en cuyes de 120 días es de  $62.29 \pm 17.37$  g, a diferencia de Salas (2023), que encontró un valor de  $50.91 \pm 12.55$  g en cuyes adultos y  $47.31 \pm 13.35$  g en edad de corte de 30 días; esto podría deberse a que la alfalfa cortada a los 45 días parece ofrecer el mejor balance de contenido nutricional, dado que conserva un buen nivel de nutrientes como proteínas y carbohidratos digeribles.

Respecto al coeficiente de digestibilidad de MO, no existen diferencias significativas entre los días de corte y en el efecto de la interacción ( $P > 0.05$ ); no obstante, en función a la edad se observan diferencias ( $P < 0.05$ ), donde los cuyes adultos obtienen un mayor coeficiente de  $66.58 \pm 3.14\%$ , seguido de los cuyes en crecimiento con  $65.62 \pm 3.17\%$ , pero es inferior en los cuyes destetados con  $62.95 \pm 3.04\%$ . Los valores de digestibilidad de MO son inferiores a lo reportado por Aguirre (2008), quien obtuvo  $77.42\%$ , en comparación con Castro y Chirinos (2021) quienes registraron un menor coeficiente de  $53.78\%$ ; por su parte, Castro (2023) encontró una mayor digestibilidad de  $78.22$  g en cuyes de 120 días de edad; esto no coincide con Aucahuaqui (2022), quien halló  $88.34 \pm 1.62\%$  MO. De manera similar, Vargas (2023) reportó un coeficiente de  $43 \pm 3.75\%$ . Contrariamente a lo observado en el estudio de Salas (2023), quien indica un valor de  $59.96 \pm 13.47\%$  en cuyes en crecimiento y  $59.26 \pm 12.96\%$  en destetados; esto podría atribuirse a que los cuyes adultos tienden a mostrar una mayor capacidad para digerir la MO debido a su sistema digestivo completamente desarrollado, especialmente el ciego y colon, que son los principales sitios de fermentación de la fibra y de componentes de la MO. A medida que los cuyes maduran, su microbiota digestiva se vuelve más eficiente en descomponer los nutrientes.

**Tabla 9. Variación del coeficiente de digestibilidad de materia orgánica**

		MO en heces (g)	Fracción digerida MO (g)	Digestibilidad MO (%)
Días de corte	30	15.57 ± 2.66 a	31.34 ± 6.14 ab	66.32 ± 3.62 a
	45	16.79 ± 3.41 a	31.67 ± 6.01 a	65.05 ± 2.49 a
	60	15.69 ± 2.05 a	28.57 ± 5.68 b	63.78 ± 3.73 a
Edad del cuy	Destetado	13.74 ± 1.92 b	23.62 ± 2.19 b	62.95 ± 3.04 b
	Crecimiento	16.73 ± 2.25 a	32.68 ± 3.98 a	65.62 ± 3.17 ab
	Adulto	17.58 ± 2.54 a	35.27 ± 3.39 a	66.58 ± 3.14 a
Interacción días de corte*edad de cuy	30 días*destetado	13.42 ± 1.52 a	24.04 ± 1.89 a	63.69 ± 3.32 a
	30 días*crecimiento	15.72 ± 2.27 a	33.25 ± 2.70 a	67.79 ± 3.27 a
	30 días*adulto	17.55 ± 2.58 a	36.73 ± 3.69 a	67.49 ± 3.34 a
	45 días*destetado	13.24 ± 3.32 a	24.32 ± 3.16 a	64.42 ± 1.80 a
	45 días*crecimiento	18.42 ± 0.73 a	33.80 ± 2.06 a	64.57 ± 1.23 a
	45 días*adulto	18.72 ± 2.37 a	36.89 ± 2.26 a	66.16 ± 3.83 a
	60 días*destetado	14.54 ± 0.87 a	22.50 ± 0.94 a	60.73 ± 2.90 a
	60 días*crecimiento	16.04 ± 1.15 a	30.99 ± 6.20 a	64.49 ± 3.76 a
	60 días*adulto	16.46 ± 0.60 a	32.20 ± 1.93 a	66.11 ± 2.66 a
P-valor	Días de corte	0.255	0.018	0.083
	Edad de cuy	0.000	0.000	0.006
	Días de corte*edad de cuy	0.277	0.808	0.500

**Leyenda:** MO: Materia Orgánica; \*\*abc las letras distintas de la misma columna indican diferencias significativas al  $\alpha = 0.05$  de la prueba Tukey

## CONCLUSIONES

Los días de corte y la interacción con la edad de los cuyes no afectaron significativamente el consumo de MS y MO. Sin embargo, se observó que la edad tuvo efecto sobre este parámetro; los cuyes adultos presentaron un mayor consumo ( $50.72 \pm 4.41$  g/d MS;  $45.36 \pm 3.91$  g/d MO), seguidos por los cuyes en crecimiento ( $47.41 \pm 4.31$  g/d MS;  $42.44 \pm 3.85$  g/d MO). En contraste, los cuyes destetados mostraron un menor consumo ( $35.89 \pm 3.23$  g/d MS;  $31.51 \pm 3.18$  g/d MO).

Los días de corte de la alfalfa influyeron en el coeficiente de digestibilidad de los cuyes, registrándose los valores más altos al cortar a los 30 días ( $61.53 \pm 4.13\%$  de MS y  $66.32 \pm 3.62\%$  de MO). Además, la edad de los cuyes tuvo efecto en la digestibilidad de la MS, con  $62.50 \pm 3.36\%$  en cuyes adultos,  $61.51 \pm 3.75\%$  en crecimiento y  $58.33 \pm 3.20\%$  en destetados. En cuanto a la digestibilidad de la MO, los valores fueron de  $66.58 \pm 3.14\%$  en adultos,  $65.62 \pm 3.17\%$  en crecimiento y  $62.95 \pm 3.04\%$  en destetados.

## RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos y considerando las condiciones de la investigación, se recomienda:

- Ajustar la cantidad de alfalfa de acuerdo a la edad de los cuyes, ya que los adultos mostraron un mayor consumo de MS y MO en comparación con los animales en crecimiento y destetados.
- Se recomienda ajustar la ración alimenticia según la etapa fisiológica (destete, crecimiento y adultez) a fin de optimizar la eficiencia de aprovechamiento de los nutrientes y, con ello, mejorar el rendimiento productivo de los animales.

## BIBLIOGRAFÍA

Abarca, G. (2015). Comparación de tres tipos de ensayos de digestibilidad "in vitro" de alfalfa (*Medicago sativa*) con digestibilidad "in vivo" en cuyes. Ecuador: Tesis para optar el grado de Bioquímico Farmacéutico. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, 1-67 pp. Obtenido de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4506/1/56T00571%20UDCTFC.pdf>

Aguirre, J. (2008). Determinación de la composición química y el valor de la energía digestible a partir de las pruebas de digestibilidad en alimentos para cuyes . Ecuador : Tesis para optar al título de Ingeniera Zootecnista. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, 1-86 pp. Obtenido de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1502/1/17T0874.pdf>

Andueza, D.; Muñoz, F. (2020). Calidad del forraje. En La alfalfa. Agronomía y utilización. Obtenido de <https://www.interempresas.net/Grandes-cultivos/Articulos/265290-La-calidad-en-la-alfalfa.html>

AOAC. (2005). Métodos de análisis de la asociación oficial de química analítica para determinar humedad, fibra, cenizas, grasa y proteína. USA: 18th Ed. Gaithersburg.

Aucahuaqui, J. (2022). Consumo voluntario y digestibilidad del kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en cuyes (*Cavia porcellus*) machos mejorados tipo I en la granja Kayra San Jerónimo-Cusco. Cusco: Tesis para optar al grado de Ingeniero Zootecnista, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 1-86 pp. Obtenido de: [https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/7176/253T20220554\\_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/7176/253T20220554_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Basigalup, D. (2007). *El cultivo de la alfalfa en Argentina*. Argentina: Ediciones INTA.

Becerra, P. (2003). *Productividad de cuatro cultivares y tres líneas de alfalfa (Medicago sativa L.) en un Andisol de la región de la Araucana*. Chile: Tesis de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad de la Frontera. 1-87

pp. Obtenido de: [https://praderasypasturas.com/rolando/02.-Tesis/01.-Alfalfa/02.-Christian\\_Marcelo\\_Becerra\\_Pea.pdf](https://praderasypasturas.com/rolando/02.-Tesis/01.-Alfalfa/02.-Christian_Marcelo_Becerra_Pea.pdf)

Bondi, A. (1988). *Nutrición Animal*. España: Editorial Acribia S.A.

Bosworth, C., & Stringer, C. (1992). *Cutting management of alfalfa, red clover and birdsfoot trefoil*. Pennsylvania: PennState. Cooperative Extensión.

Calsamiglia, S., Ferret, A., & Bach, A. (2004). *Tablas FEDNA de valor nutritivo de forrajes y subproductos fibrosos húmedos* (1ra edición ed.). Madrid: Fundación para el Desarrollo de la Nutrición Animal.

Campos, J. (2007). *Evaluación nutricional del frijol mucuna (Stizolobium deeringianum) y su uso en la alimentación de cuyes en crecimiento y engorde*. Lima: Tesis (Magister Scientiae), Universidad Nacional Agraria La Molina.

Carbajal, C. (2015). *Evaluación preliminar de tres alimentos balanceados para cuyes (Cavia porcellus) en acabado en el Valle del Mantaro*. Lima: Trabajo monográfico para optar el título de Ingeniero Zootecnista, Universidad Nacional Agraria La Molina. 1-78 pp. Obtenido de: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/877a6730-ab0a-4640-84ed-42b405843e82/content>

Carrasco, V. (1969). *Utilización de tres raciones en el crecimiento y engorde de cuyes*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. 1-85 pp.

Castillo, H. (1990). *Evaluación Agronómica de 10 Variedades de alfalfa (Medicago sativa L) Bajo Riego en la Región de Celaya*. México: Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Castro, J., & Chirinos, D. (2021). Nutritional value of some raw materials for guinea pigs (*Cavia porcellus*) feeding. *Translational Animal Science*, 5(2), 1-19. doi:10.1093/tas/txab019

Castro, R. (1989). *Variabilidad espacial de variables agronómicas en un predio cultivado con alfalfa (Medicago sativa)*. México : Tesis para optar al título de Maestro en Ciencias en Suelos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

- Castro, S. (2023). *Variación de la digestibilidad de la alfalfa en función a la edad de los cuyes*. Cusco: Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. 1-130 pp. Obtenido de: <https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/7796/253T20230399.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Caycedo, A. (1992). *Seminario sobre Producción de Cuyes*. Colombia: Universidad de Nariño.
- Chauca, L. (1997). *Producción de cuyes (Cavia porcellus)*. Lima: Instituto Nacional de Investigación Agraria.
- Church, C., & Pond, W. (1994). *Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales*. México : Editorial UTEHA.
- Church, D., Pond, W., & Pond, K. (2002). *Nutrición y alimentación de animales*. México: Editorial Limusa S.A. .
- Clavijo, V. E., & Cadena, C. P. (2011). *Producción y calidad nutricional de la alfalfa (Medicago sativa) sembrada en dos ambientes diferentes y cosechada en distintos estadios fenológicos*. Bogotá : Universidad de la Salle.
- Concil, N. R. (1995). *Nutrient requeriments of laboratory animals*. Estados Unidos : Fourth Revised Edition .
- Deeb, B. (2000). *Sistema digestivo y transtornos*. Reino Unido: Asociación Británica de Veterinarios de Pequeños Animales.
- Escobar, F., Espinoza, T., Hinojosa, R., & Cruz, R. D. (2023). Sustitución parcial y total de alfalfa fresca por heno en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*) en crecimiento y engorde: una alternativa para la época de estiaje. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 10(1), 16-29. Obtenido de <http://www.scielo.org.bo/pdf/jsaas/v10n1/2311-2581-jsaas-10-01-16.pdf>
- Florez, D. (2015). La alfalfa (*Medicago sativa*): origen, manejo y producción. *Conexión Agropecuaria JDC*, 5(1), 29-43. Obtenido de <https://revista.jdc.edu.co/index.php/conexagro/article/view/520/540>

Formoso, F. (05 de Abril de 2000). *Manejo de alfalfa*. Obtenido de INIA: [https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R92/R92\\_42.htm](https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R92/R92_42.htm)

Fundación para la Innovación Agraria. (2007). *Manejo del pastoreo*. Chile: COOPRINSEM, Universidad Austral de Chile. Obtenido de: <https://bibliotecadigital.fia.cl/items/ddc2f0f5-6c50-4a22-abde-086e9627ae6f>

GAPP. (Noviembre de 2010). *El manejo de la alfalfa, uno de los factores que define la producción*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/464013289/Manejo-de-alfalfa>

Gómez, C., & Vergara, V. (1993). *Fundamentos de nutrición y alimentación*. I Curso nacional de capacitación en crianzas familiares. NIA-EELM-EEBI. 38-50 pp.

Guevara, P., Claeys, T.; Janssens, G. (2008). Apparent digestibility in meat-type guinea pigs as determined by total collection or by internal marker. *Vet Med-Czech*, 53(4), 203-206. doi:10.17221/1917-VETMED

Harkness, J.; Wagner, J. E. (1980). *Biología y clínica de conejos y roedores*. Pelsilvania: Editorial Acribia.

Hidalgo, V., Vergara, B., & Montes, T. (1995). *Determinación de la digestibilidad de insumos energéticos proteicas y fibrosos en caves*. Lima: XVII Reunión científica anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA). 1-84 pp.

Holtenius, K.; Björnhag, G. (1985). The colonic separation mechanism in the guinea pig (*Cavia porcellus*) and the chinchilla (*Chinchilla laniger*). *Comparative biochemistry and Physiology*, 824(3), 537-542. doi:10.1016/0300-9629(85)90429-3

Huamán, M. (2007). *Manual técnico para la crianza de cuyes en el valle del Mantaro*. Huancayo: Coordinadora Región Centro. Obtenido de: [https://www.academia.edu/39378944/MANUAL\\_T%C3%89CNICO\\_Crianza\\_de\\_cuyes](https://www.academia.edu/39378944/MANUAL_T%C3%89CNICO_Crianza_de_cuyes)

Huamaní, G., Zea, O., Gutiérrez, G., & Vílchez, C. (2016). Efecto de Tres Sistemas de Alimentación sobre el Comportamiento Productivo y Perfil de Ácidos Grasos de

Carcasa de Cuyes (*Cavia porcellus*). *Rev Inv Vet Perú*, 27(3), 486-494. doi:<http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v27i3.12004>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2019). *Microdatos [Conjunto de datos]*. Obtenido de <https://inei.inei.gob.pe/microdatos/>

Johnson, C. (15 de Mayo de 2006). *Anatomy and Physiology of the Rabbit and Rodent Gastrointestinal System*. USA: Proceedings. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/237308548\\_Anatomy\\_and\\_Physiology\\_of\\_the\\_Rabbit\\_and\\_Rodent\\_Gastrointestinal\\_System](https://www.researchgate.net/publication/237308548_Anatomy_and_Physiology_of_the_Rabbit_and_Rodent_Gastrointestinal_System)

Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos. (2023). Composición nutricional de la alfalfa y análisis de MS y MO de heces. Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Lagos, E.; Velasco, A. (2005). *Valoración de la técnica In situ para la determinación de la digestibilidad de forrajes en cuyes (Cavia porcellus)*. Colombia: Tesis para optar el título de Zootecnista, Universidad de Nariño. Obtenido de: <https://sired.udenar.edu.co/13031/1/66082.pdf>

Lammers, P., Carlson, S., Zdorkwski, G., & Honeyman, M. (2009). Reducing food insecurity in developing countries through meat production: the potential of the guinea pig (*Cavia porcellus*). *Renewable Agriculture and Food Systems*, 24(2). doi:<https://doi.org/10.1017/S1742170509002543>

Lizardo, R. (1997). *Exploration de l'adaptation de la capacité digestive du porcelet après le sevrage: effets des facteurs antinutritionnels et des polysaccharides non amilacés sur l'activité des enzymes, la digestibilité et les performances zootéchniques*. Francia: Tesis doctoral, Université de Rennes.

Lloveras, J.; Melines, M. A. (09 Junio de 2015). La calidad en la alfalfa. Posibles clasificaciones. *Vida rural*. 212, 36 – 40 pp. Obtenido de: <https://repositori.udl.cat/server/api/core/bitstreams/2b971d0a-3070-48f7-a9b9-91d93739dcdc/content>

López, V. (1987). *Situación actual de la crianza de cuyes en la sierra ecuatoriana a nivel de grande mediano y pequeño productor*. Ecuador : Ministerio Agricultura.

- Low, A. (1976). Digestion and absorption of nutrients in growing pigs. *Proc. Nutr. Soc.*, 35(1), 57-62. doi: <https://doi.org/10.1079/PNS19760009>
- Low, A. (1990). *Protein evaluation in pigs and poultry*. London: Editorial Butterworth.
- McDonald, E.; Greenhalgh, M. (1999). *Nutrición animal*. Editorial Acribia S.A. .
- McDonald, P., Edwards, A., Greenhalgh, J.; Morgan, C. (1993). *Nutrición animal*. Editorial Acribia S.A. .
- Mercado, L., Zaldívar, M., & Briceño, A. (1974). *Tres niveles de proteína y dos de energía en raciones para cuyes en crecimiento*. Lima: Estación Experimental La Molina. II CONIAP .
- Meza, G., Cabrera, R., Morán, J., Meza, F., Cabrera, C., Meza, C., Ortiz, J. (2014). Mejora de engorde de cuyes (*Cavia porcellus L.*) a base de gramíneas y forrajeras arbustivas tropicales en la zona de Quevedo, Ecuador. *IDESIA*, 32(3), 75-80. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292014000300010>
- MIDAGRI, M. d. (17 de agosto de 2019). *Potencial del mercado internacional para la carne de cuy*. Obtenido de [Internet]. [http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/lciencia/l01/mercado\\_interno\\_carne\\_cuy.pdf](http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/lciencia/l01/mercado_interno_carne_cuy.pdf)
- Montenegro, B. (2012). *Animal Nutrition*. USA: Pearson Education Limited.
- Morrison, B. (1969). *Alimentos y alimentación del ganado*. México: Editorial UTEHA.
- Nicodemus, N.; García, J. (2000). *Importancia de la cecotrofia en Cuyes*. España: Producción Animal ETSIA-Universidad Politécnica de Madrid.
- Noli, E., Bojórquez, C., Ordóñez, J. (2006). *Caracterización del cultivo de alfalfa con dormancia en época seca en la sierra central del Perú*. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria. Obtenido de <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/589>
- NRC. (1974). *Nutrient requirements of laboratory animals*. Washington: National Academy of Science.

NRC (1978). *Nutrient requirements of laboratory animals*. Washington: National Academy of Science.

National Research Council [NRC]. (1995). *Requerimientos Nutricionales para animales de laboratorio: Cuyes*. Cuarta edición. Washington: National Academy of Science.

O'Malley, B. (2005). *Clinical anatomy and physiology of exotic species: structure and function of mammals, birds, reptiles and amphibians*. Reino Unido: Elsevier Saunders.

Palomino, E. (2019). *Producción de forraje en líneas a diferente distanciamiento en cuatro variedades de alfalfa (Medicago sativa), a 2750 msnm. Ayacucho*. Ayacucho : Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de San Cristobal, 1-131pp. Obtenido de: <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/86f00e4b-3f6d-409b-a879-3a184bdb4b15/content>

Paredes, M. (2013). *Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas*. Argentina: Tesis para optar el grado de Ingeniera en Producción Agropecuaria, Pontificia Universidad Católica Argentina. Obtenido de: <https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/393/1/doc.pdf>

Parra, S., & Gómez, A. (2009). Importancia de la utilización de diferentes técnicas de digestibilidad en la nutrición y formulación porcina. *Rev.MVZ Córdoba*, 14(1), 1633-1641. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/mvz/v14n1/v14n1a12.pdf>

Percz, J., Heredia, E., & Rodríguez, S. (Octubre de 2022). *Henificación de alfalfa*. Obtenido de <https://produccionindustria.neuquen.gov.ar/wp-content/uploads/2022/10/Henificacion-de-Alfalfa.pdf>

Pereyra, T., Pagliaricci, H., Ohanian, A. (2008). Relative aerial biomass yield of intercropped alfalfa with winter forage cereals. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 68(3), 257-263. Obtenido de <https://www.scielo.cl/pdf/chiljar/v68n3/at05.pdf>

Piccioni, M. (1970). *Diccionario de alimentación animal*. España: Editorial Acribia .

Pozo, M. (1977). *La alfalfa su cultivo y aprovechamiento*. España : Edición Madrid Mundi-Prensa .

Quispe, J. (2016). *Evaluación del tamaño de picado del heno de alfalfa en la alimentación de cuyes machos en crecimiento* . Cusco : Tesis para optar al título de Ingeniero Zootecnista, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 1-120 pp. Obtenido de: <https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/1797/253T20160607.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rebora, C., Barros, A., Iburguren, L., Bertona, A., Antonini, C., & Arenas., F. (2015). Efecto del grado de reposo invernal de alfalfa (*Medicago sativa L.*) sobre el rendimiento de heno en el oasis norte de Mendoza. *Rev. FCA Uncuyo*, 47(2), 43-51. Obtenido de <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/RFCA/article/view/3302/2427>

Rebuffo, M. (10 de diciembre de 2005). *Alfalfa: Principios de manejo del pastoreo*. Obtenido de Revista INIA : <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6821/1/re-5-Rebuffo-M.-p.2-4.pdf>

Reid, M., & Mickelsen, O. (1963). Nutritional Studies with the Guinea Pig: VIII. Effect of Different Proteins, with and without Amino Acid Supplements, on Growth. *The Journal of Nutrition*, 80(1), 25-32. doi:<https://doi.org/10.1093/jn/80.1.25>

Salas, E. (2023). *Influencia del estado fisiológico de la alfalfa sobre el consumo y digestibilidad de nutrientes en cuyes machos a diferentes edades (30, 60 y mayores a 90 días)*. Cusco: Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Obtenido de: <https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/8448/253T20240086.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Salinas, C. (2010). *Manejo Técnico de la Producción de Cuyes*. Fundación Esquel.

Santamaría, C., H, N., Medina, G., & Ruiz, J. (2000). Potencial productivo de la alfalfa en México. México: SAGAR. INIFAP. CIRNOC. CELALA.

Saravia, J., Muscari, J., & Ramirez, S. (1992). *Consumo voluntario y digestibilidad de grama china (Sorghum halepense) en cuyes*. Pucallpa: Resúmenes XV Reunión APPA.

Sergio Mendoza, A. H., Pérez, J., Quero, A., Escalante, A., Zragoza, J., & Ramírez, O. (2010). Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 1(3), 287-296. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v1n3/v1n3a8.pdf>

Shimada, A. (2007). *Nutrición animal*. México: Editorial Trillas.

Soriano, S. (2003). *Importancia del cultivo de alfalfa (Medicago Sativa L.) en el estado de Baja California Sur*. México: Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". 1-11 pp. Obtenido de: <https://es.scribd.com/document/469705834/IMPORTANCIA-DEL-CULTIVO-DE-LA-ALFALFA-Mdicago-sativa-L-EN-EL-ESTADO-DE-BAJA-CALIFORNIA-SUR>

Soto, P. (2000). Crecimiento y desarrollo de la alfalfa. Recuperado el 27 de Setiembre de 2024, de <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/8c6dcc29-f311-4ef6-9fc5-a7002fed7816/content>

Souffrant, B. (1991). *Endogenous nitrogen losses during digestion in pigs*. The Netherlands: Proc. of the 5th International Symposium on Digestive Physiology in Pigs.

Vargas, M. (2023). *Digestibilidad de la harina de alfalfa (Medicago sativa L.) y afrecho de cebada (Hordeum vulgare) en cuyes (Cavia porcellus L.)*. Cusco: Tesis para obtener el título de Ingeniero Zootecnista, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. 1-84 pp. Obtenido de: [https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/7779/253T20230386\\_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/7779/253T20230386_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Vásquez, W. (2021). *Evaluación de tres ensilados de alfalfa (Medicago sativa) considerando el performance de cuyes (Cavia porcellus) en recría, en el distrito de Puquina, provincia de General Sánchez Cerro, departamento de Moquegua, 2017*. Arequipa: Tesis para optar al título de Médico Veterinario y Zootecnista, Universidad

Católica de Santa María. Obtenido de:  
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/server/api/core/bitstreams/0445bccb-e7c3-44ec-8aa7-5dc8ec547ff9/content>

Vergara, V. (2008). *Avances en Nutrición y Alimentación en cuyes*. Lima : XXXI Reunión científica Anual de la Producción Peruana de Producción Animal APPA. Simposio: Avances sobre producción de cuyes en Perú.

Vivas, J. (2008). *Especies alternativas: Manual de crianza de cobayos (Cavia porcellus)*. Nicaragua: Universidad Nacional Agraria. Obtenido de:  
<https://repositorio.una.edu.ni/2472/1/RENL01V856.pdf>

Wagner, J., & Manning, J. (1976). *The Biology of the Guinea Pig*. London : Academic Press. Inc.

Yzarra, W., & López, Y. (2011). *Manual de observaciones fenológicas*. Lima: SENAMHI. Obtenido de: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-11.pdf>

Zaldivar, M., & Vargas, N. (1969). *Estudio de tres niveles de azúcar, como fuente de energía más un concentrado comercial en cobayos*. Lima: Ministerio de Agricultura, Estación Experimental Agropecuaria La Molina, 1-7 pp.

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Modelo lineal del consumo de MS (g)

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
DIAS	2	89.34	44.67	3.03	0.061
EDAD CUYES	2	1816.48	908.24	61.68	0.000
DIAS*EDAD CUYES	4	58.91	14.73	1.00	0.420
Error	36	530.06	14.72		
Total	44	2494.79			

### Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
3.83718	78.75%	74.03%	66.80%

## Anexo 2. Comparaciones de Tukey para consumo de MS (g)

### Comparaciones por parejas de Tukey: DIAS

DIAS	N	Media	Agrupación
45	15	46.4444	A
30	15	44.5851	A B
60	15	42.9965	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### Comparaciones por parejas de Tukey: EDAD CUYES

EDAD CUYES	N	Media	Agrupación
ADULTO	15	50.7168	A
CRECIMIENTO	15	47.4143	A
DESTETADO	15	35.8948	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### Comparaciones por parejas de Tukey: DIAS\*EDAD CUYES

DIAS*EDAD CUYES	N	Media	Agrupación
45 ADULTO	5	53.2747	A
30 ADULTO	5	51.5860	A
45 CRECIMIENTO	5	50.0211	A
60 ADULTO	5	47.2898	A
30 CRECIMIENTO	5	46.5147	A
60 CRECIMIENTO	5	45.7072	A
45 DESTETADO	5	36.0373	B
60 DESTETADO	5	35.9926	B
30 DESTETADO	5	35.6546	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

## Anexo 3. Modelo lineal del consumo de materia orgánica (MO)

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
DIAS	2	63.14	31.57	2.54	0.093
EDAD CUYES	2	1600.29	800.14	64.35	0.000
DIAS*EDAD CUYES	4	52.20	13.05	1.05	0.395
Error	36	447.64	12.43		
Total	44	2163.27			

## Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
3.52626	79.31%	74.71%	67.67%

## Anexo 4. Comparaciones de Tukey para consumo de MO (g)

### Comparaciones por parejas de Tukey: DIAS

DIAS	N	Media	Agrupación
45	15	41.3419	A
30	15	39.4858	A
60	15	38.4826	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### Comparaciones por parejas de Tukey: EDAD CUYES

EDAD CUYES	N	Media	Agrupación
ADULTO	15	45.3634	A
CRECIMIENTO	15	42.4396	A
DESTETADO	15	31.5073	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### Comparaciones por parejas de Tukey: DIAS\*EDAD CUYES

DIAS*EDAD CUYES	N	Media	Agrupación
45 ADULTO	5	47.6828	A
30 ADULTO	5	45.9793	A
45 CRECIMIENTO	5	44.7765	A
60 ADULTO	5	42.4283	A
30 CRECIMIENTO	5	41.4610	A
60 CRECIMIENTO	5	41.0812	A
60 DESTETADO	5	31.9384	B
45 DESTETADO	5	31.5665	B
30 DESTETADO	5	31.0170	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

## Anexo 5. Modelo lineal de MS excretada en heces

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
DIAS	2	17.18	8.590	1.47	0.244
EDAD CUYES	2	137.56	68.780	11.75	0.000
DIAS*EDAD CUYES	4	26.53	6.632	1.13	0.356
Error	36	210.75	5.854		
Total	44	392.02			

### Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
2.41953	46.24%	34.29%	16.00%

## Anexo 6. Comparaciones de Tukey para consumo de MO (g)

### Comparaciones por parejas de Tukey: DIAS

DIAS	N	Media	Agrupación
45	15	18.1197	A
30	15	16.8999	A
60	15	16.7338	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### Comparaciones por parejas de Tukey: EDAD CUYES

EDAD CUYES	N	Media	Agrupación
ADULTO	15	18.8801	A
CRECIMIENTO	15	18.0476	A
DESTETADO	15	14.8257	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### Comparaciones por parejas de Tukey: DIAS\*EDAD CUYES

DIAS*EDAD CUYES	N	Media	Agrupación
45 ADULTO	5	20.1343	A
45 CRECIMIENTO	5	19.7817	A
30 ADULTO	5	19.0212	A B
60 ADULTO	5	17.4848	A B
60 CRECIMIENTO	5	17.2148	A B
30 CRECIMIENTO	5	17.1463	A B
60 DESTETADO	5	15.5018	A B
30 DESTETADO	5	14.5322	B
45 DESTETADO	5	14.4431	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 7. Modelo lineal de fracción digerida de MS

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
DIAS	2	45.06	22.529	4.67	0.016
EDAD CUYES	2	845.15	422.576	87.55	0.000
DIAS*EDAD CUYES	4	7.43	1.858	0.38	0.818
Error	36	173.76	4.827		
Total	44	1071.40			

### Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
2.19699	83.78%	80.18%	74.66%

## Anexo 8. Comparaciones de Tukey para fracción digerida de MS (g)

### Comparaciones por parejas de Tukey: DIAS

DIAS	N	Media	Agrupación
45	15	28.3496	A
30	15	27.7448	A B
60	15	25.9901	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### Comparaciones por parejas de Tukey: EDAD CUYES

EDAD CUYES	N	Media	Agrupación
ADULTO	15	31.6436	A
CRECIMIENTO	15	29.0177	B
DESTETADO	15	21.4232	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### Comparaciones por parejas de Tukey: DIAS\*EDAD CUYES

DIAS*EDAD CUYES	N	Media	Agrupación
30 ADULTO	5	32.6331	A
45 ADULTO	5	32.4928	A
45 CRECIMIENTO	5	30.2395	A B
60 ADULTO	5	29.8049	A B
30 CRECIMIENTO	5	29.3684	A B
60 CRECIMIENTO	5	27.4452	B
45 DESTETADO	5	22.3165	C
30 DESTETADO	5	21.2328	C
60 DESTETADO	5	20.7202	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 9. Modelo lineal de digestibilidad de MS

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
DIAS	2	12.78	6.388	0.51	0.607
EDAD CUYES	2	142.40	71.199	5.64	0.007
DIAS*EDAD CUYES	4	31.41	7.851	0.62	0.650
Error	36	454.63	12.629		
Total	44	641.21			

### Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
3.55367	29.10%	13.34%	0.00%

## Anexo 10. Comparaciones de Tukey para digestibilidad de MS (g)

### Comparaciones por parejas de Tukey: DIAS

DIAS	N	Media	Agrupación
30	15	61.5326	A
45	15	60.4816	A
60	15	60.3368	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Comparaciones por parejas de Tukey: EDAD CUYES

EDAD CUYES	N	Media	Agrupación
ADULTO	15	62.5054	A
CRECIMIENTO	15	61.5113	A
DESTETADO	15	58.3343	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Comparaciones por parejas de Tukey: DIAS\*EDAD CUYES

DIAS*EDAD CUYES	N	Media	Agrupación
30 CRECIMIENTO	5	63.0227	A
60 ADULTO	5	62.9392	A
30 ADULTO	5	62.9040	A
45 ADULTO	5	61.6731	A
60 CRECIMIENTO	5	61.2628	A
45 CRECIMIENTO	5	60.2483	A
45 DESTETADO	5	59.5234	A
30 DESTETADO	5	58.6710	A
60 DESTETADO	5	56.8085	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 11. Modelo lineal de materia orgánica excretada en heces

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
DIAS	2	13.71	6.855	1.42	0.255
EDAD CUYES	2	122.18	61.089	12.65	0.000
DIAS*EDAD CUYES	4	25.71	6.428	1.33	0.277
Error	36	173.89	4.830		
Total	44	335.50			

### Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
2.19781	48.17%	36.65%	19.01%

## Anexo 12 Comparaciones de Tukey para materia orgánica excretada en heces (g)

### Comparaciones por parejas de Tukey: DIAS

DIAS	N	Media	Agrupación
45	15	16.7942	A
60	15	15.6877	A
30	15	15.5680	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### Comparaciones por parejas de Tukey: EDAD CUYES

EDAD CUYES	N	Media	Agrupación
ADULTO	15	17.5816	A
CRECIMIENTO	15	16.7294	A
DESTETADO	15	13.7389	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### Comparaciones por parejas de Tukey: DIAS\*EDAD CUYES

DIAS*EDAD CUYES	N	Media	Agrupación
45 ADULTO	5	18.7234	A
45 CRECIMIENTO	5	18.4170	A
30 ADULTO	5	17.5581	A B
60 ADULTO	5	16.4632	A B
60 CRECIMIENTO	5	16.0499	A B
30 CRECIMIENTO	5	15.7211	A B
60 DESTETADO	5	14.5498	A B
30 DESTETADO	5	13.4248	B
45 DESTETADO	5	13.2420	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### Anexo 13. Modelo lineal de fracción digerida de materia orgánica

#### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
DIAS	2	87.32	43.658	4.52	0.018
EDAD CUYES	2	1123.24	561.621	58.19	0.000
DIAS*EDAD CUYES	4	15.39	3.849	0.40	0.808
Error	36	347.46	9.652		
Total	44	1573.41			

#### Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
3.10672	77.92%	73.01%	65.49%

### Anexo 14. Comparaciones de Tukey para fracción digerida de MO (g)

#### Comparaciones por parejas de Tukey: DIAS

DIAS	N	Media	Agrupación
45	15	31.6737	A
30	15	31.3406	A B
60	15	28.5664	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

#### Comparaciones por parejas de Tukey: EDAD CUYES

EDAD CUYES	N	Media	Agrupación
ADULTO	15	35.2758	A
CRECIMIENTO	15	32.6832	A
DESTETADO	15	23.6218	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Comparaciones por parejas de Tukey: DIAS\*EDAD CUYES

DIAS*EDAD CUYES	N	Media	Agrupación
45 ADULTO	5	36.8928	A
30 ADULTO	5	36.7335	A
45 CRECIMIENTO	5	33.8051	A
30 CRECIMIENTO	5	33.2505	A
60 ADULTO	5	32.2011	A
60 CRECIMIENTO	5	30.9940	A
45 DESTETADO	5	24.3233	B
30 DESTETADO	5	24.0378	B
60 DESTETADO	5	22.5041	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 15. Modelo lineal de digestibilidad de MO

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
DIAS	2	48.60	24.301	2.67	0.083
EDAD CUYES	2	106.42	53.210	5.84	0.006
DIAS*EDAD CUYES	4	31.19	7.798	0.86	0.500
Error	36	328.16	9.116		
Total	44	514.38			

### Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
3.01921	36.20%	22.02%	0.32%

## Anexo 16. Comparaciones de Tukey para digestibilidad de MO (g)

### Comparaciones por parejas de Tukey: DIAS

DIAS	N	Media	Agrupación
30	15	66.3231	A
45	15	65.0500	A
60	15	63.7775	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### Comparaciones por parejas de Tukey: EDAD CUYES

EDAD CUYES	N	Media	Agrupación
ADULTO	15	66.5852	A
CRECIMIENTO	15	65.6170	A
DESTETADO	15	62.9485	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### Comparaciones por parejas de Tukey: DIAS\*EDAD CUYES

<u>DIAS*EDAD CUYES</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
30 CRECIMIENTO	5	67.7915	A
30 ADULTO	5	67.4880	A
45 ADULTO	5	66.1583	A B
60 ADULTO	5	66.1092	A B
45 CRECIMIENTO	5	64.5681	A B
60 CRECIMIENTO	5	64.4914	A B
45 DESTETADO	5	64.4237	A B
30 DESTETADO	5	63.6898	A B
60 DESTETADO	5	60.7318	B

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*