

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

**FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA**



**TESIS**

**VALORACIÓN NUTRICIONAL Y DIGESTIBILIDAD DEL PASTO GUATEMALA  
(*Tripsacum laxum*) A TRES TIEMPOS DE CORTE EN CUYES (*Cavia porcellus*)**

Presentada por:

**Br. LUZ ANALY AUCCACUSI QUISPE**

**Br. FIORELA HUALLPA ALAGON**

Para optar al Título Profesional de

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**ASESORES:**

Ing. Zoot. Juan Elmer Moscoso Muñoz, Ph D.

Ing. Zoot. Gonzalo Wladimir Gonzales Aparicio, Ph.D.

Ing. Zoot. Liz Beatriz Chino Velasquez, M.Sc.

Ing. Zoot. Medardo Antonio Díaz Céspedes, Ph.D.

**CUSCO - PERÚ**

**2024**

# INFORME DE ORIGINALIDAD

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

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

VALORACIÓN NUTRICIONAL Y DIGESTIBILIDAD DEL PASTO

GUATEMALA (*Tripsacum laxum*) A TRES TIEMPOS DE CORTE

EN CUYES (*Cavia porcellus*).

presentado por: LUZ ANALY AUCCACUSI QUISPE con DNI Nro.: 75994842..... presentado

por: FIORELA HUALPA ALAGON con DNI Nro.: 60219169..... para optar el

título profesional/grado académico de INGENIERO ZOOTECNISTA.....

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 1 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 7%.

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

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

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

Cusco, 04 de Setiembre de 2024.....

Firma

Post firma... JUAN ELMER MOSCOSO MUÑOZ

Nro. de DNI... 23940692

ORCID del Asesor... 0000-0001-5884-9718

2° Asesor : DNI : 41285829

3° Asesor : DNI : 71732710

4° Asesor : DNI : 23007659

ORCID : 0000-0002-4682-6591

ORCID : 0000-0002-6322-7371

ORCID : 0000-0003-0134-8239

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:377944929

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS FINAL VALORACION NUTRICIONA  
L Y DIGESTIBILIDAD DEL PASTO GUATE  
MALA A TRES TIEMPOS DE CORTE EN C**

AUTOR

**LUZ AUCACUSI**

RECUENTO DE PALABRAS

**21480 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**113634 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**93 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**2.9MB**

FECHA DE ENTREGA

**Sep 3, 2024 2:53 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Sep 3, 2024 2:54 PM GMT-5**

### ● 7% de similitud general

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

- 7% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

## DEDICATORIA

A mis queridos padres: Emiliano y Virginia, que los aprecio, adoro y amo, donde gracias a su esfuerzo, amor y palabras me ha permitido superarme como persona, así mismo dándome la fuerza para cumplir uno de mis objetivos. A mis hermanos Edith y Edwin por su motivación y consejos constantes.

***Luz Analy Auccacusi Quispe***

Dedicado con todo amor y cariño a mi querida madre Leonarda Alagon Luque, que con su paciencia, confianza, amor y apoyo incondicional desde el primer día de mi vida universitaria hizo posible esta meta; también va dedicado a mi hermanito Cristian y tíos por todo el apoyo incondicional y por ser parte de este logro.

***Fiorela Huallpa Alagon***

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por guiarnos, cuidarnos y darnos la oportunidad de trabajar juntas en este proyecto.

A nuestros padres, hermanos y demás familiares por brindarnos su apoyo incondicional, además por estar presentes en todo el desarrollo de este trabajo y no dejarnos solas hasta el final, gracias por el apoyo moral.

A nuestros asesores; Ing. Zoot. Juan Elmer Moscoso Muñoz Ph.D., Ing. Zoot. Liz Beatriz Chino Velasquez M.Sc., Ing. Zoot. Gonzalo Wladimir Gonzales Aparicio Ph.D. y Ing. Zoot. Medardo Antonio Díaz Céspedes Ph.D. (UNAS), por compartir sus conocimientos con nosotras, dedicarle tiempo y dedicación a este proyecto, así mismo por brindarnos su amistad y apoyo constante.

Al Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos del área de Nutrición de nuestra Escuela Profesional de Zootecnia, Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, por el copatrocinio del presente estudio.

A nuestros amigos y compañeros por su amistad, compañía, ánimo y apoyo durante nuestra vida universitaria y a aquellos amigos que nos apoyaron mucho en el desarrollo del presente trabajo.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
GLOSARIO .....	xi
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACION.....	3
2.1.    DESARROLLO DEL PROBLEMA.....	3
2.2.    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
2.2.1.    PROBLEMA GENERAL.....	4
2.2.2.    PROBLEMAS ESPECÍFICOS .....	4
III. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN.....	5
3.1.    OBJETIVOS.....	5
3.1.1.    OBJETIVO GENERAL.....	5
3.1.2.    OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
3.2.    JUSTIFICACIÓN .....	6
IV. MARCO TEÓRICO.....	7
4.1.    ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
4.1.1.    ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	7

4.1.2.	ANTECEDENTES NACIONALES .....	9
4.2.	BASES TEÓRICAS.....	10
4.2.1.	PASTO GUATEMALA ( <i>Tripsacum laxum</i> ).....	10
a.	Características del pasto Guatemala .....	11
b.	Manejo del cultivo del pasto Guatemala.....	11
c.	Uso del pasto Guatemala en la actividad agropecuaria .....	12
d.	Composición química del pasto Guatemala .....	12
4.2.2.	IMPORTANCIA DE LA CRIANZA DE CUYES EN EL PERÚ Y LA PROVINCIA DE LA CONVENCION.....	13
4.2.3.	ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA DIGESTIVA DEL CUY.....	14
4.2.4.	REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL CUY .....	17
a.	Proteína.....	18
b.	Fibra.....	19
c.	Energía.....	19
d.	Grasa .....	20
e.	Minerales.....	20
f.	Vitaminas .....	21
h.	Agua.....	21
4.2.5.	DIGESTIBILIDAD .....	22
a.	Métodos para determinar la digestibilidad.....	22
b.	Expresión de la digestibilidad aparente.....	23
4.2.6.	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DIGESTIBILIDAD.....	24

a. Composición del alimento .....	24
b. Preparación del alimento.....	24
c. Factores dependientes del animal.....	25
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
5.1.    UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	26
5.2.    MATERIALES Y EQUIPOS.....	28
5.2.1.    MATERIAL VEGETAL .....	28
5.2.2.    MATERIAL BIOLÓGICO.....	28
5.2.3.    MATERIALES DE CAMPO .....	28
a. Materiales para la evaluación de características productivas .....	28
b. Materiales para la evaluación de digestibilidad .....	28
5.2.4.    MATERIALES Y EQUIPOS DE LABORATORIO .....	29
5.3.    METODOLOGÍA USADA EN LA INVESTIGACIÓN.....	30
5.3.1.    PERIODO PRE EXPERIMENTAL .....	30
a. Plantación del forraje.....	30
b. Adaptación de los cuyes .....	31
5.3.2.    PERIODO EXPERIMENTAL .....	31
a. Evaluación de las características productivas del pasto Guatemala.....	31
b. Aporte nutricional del pasto Guatemala .....	32
c. Evaluación de la digestibilidad .....	33
5.4.    VARIABLES EVALUADAS.....	34
5.4.1.    VARIABLES INDEPENDIENTES .....	34

5.4.2.	VARIABLES DEPENDIENTES.....	34
5.5.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	35
VI.	RESULTADOS Y DISCUSION .....	37
	CONCLUSIONES.....	48
	RECOMENDACIONES .....	49
	BIBLIOGRAFÍA .....	50
	ANEXOS .....	59

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del pasto Guatemala ( <i>Tripsacum laxum</i> ) .....	10
Tabla 2. Composición química del pasto Guatemala ( <i>Tripsacum laxum</i> ) en base seca .....	13
Tabla 3. Requerimientos nutricionales del cuy según NRC (1995) .....	17
Tabla 4. Requerimientos nutricionales según la etapa productiva del cuy .....	18
Tabla 5. Tratamientos de las características productivas y aporte nutricional .....	32
Tabla 6. Detalles de los tratamientos con los dos factores evaluados .....	33
Tabla 7. Rendimiento de materia verde (RMV) y materia seca (RMS) a tres tiempos de corte del pasto Guatemala .....	37
Tabla 8. Aporte nutricional del pasto Guatemala a cuatro, ocho y 12 semanas de corte (Base seca).....	41
Tabla 9. Consumo de materia seca (MS) y materia orgánica (MO) por tiempo de corte del pasto Guatemala y por edad de animal.....	43
Tabla 10. Digestibilidad de materia seca (MS) y materia orgánica (MO) del pasto Guatemala en función al tiempo de corte.....	44
Tabla 11. Coeficiente de digestibilidad de materia seca (MS) y materia orgánica (MO) en función a la edad del animal.....	45
Tabla 12. Interacción de los factores: tiempo de corte por edad de cuy en digestibilidad de materia seca (MS) y materia orgánica (MO) .....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aparato digestivo del cuy ( <i>Cavia porcellus</i> ) .....	16
Figura 2. Ubicación de la evaluación en la primera fase .....	26
Figura 3. Ubicación de la evaluación en la segunda fase .....	27
Figura 4. Distribución de parcela para los tratamientos .....	30

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Línea de comandos y resultados obtenidos para de rendimiento de materia seca en kilogramos por hectárea .....	59
Anexo 2. Línea de comandos y resultados obtenidos de materia orgánica digerida	65
Anexo 3. Preparación del terreno.....	76
Anexo 4. Plantación del pasto Guatemala .....	76
Anexo 5. Corte de uniformización .....	77
Anexo 6. División de parcelas .....	77
Anexo 7. Colección de muestras para rendimiento, aporte nutricional y prueba de digestibilidad .....	78
Anexo 8. Acondicionamiento de jaulas metabólicas.....	78
Anexo 9. Colección de muestras para la determinación del coeficiente de digestibilidad .....	79
Anexo 10. Análisis en laboratorio de materia seca y materia orgánica .....	79

## GLOSARIO

**AOAC:** Asociación de Químicos Analíticos

**Ca:** Calcio

**CD:** Coeficiente de Digestibilidad

**CENAGRO:** Censo Nacional Agropecuario

**DCA:** Diseño completamente al Azar

**ED:** Energía Digestible

**ENA:** Encuesta Nacional Agropecuaria

**FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

**FC:** Fibra Cruda

**FDA:** Fibra Detergente Acida

**FDN:** Fibra Detergente Neutro

**FONCODES:** Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social

**Ha:** Hectárea

**INATEC:** Instituto Nacional Tecnológico

**INEI:** Instituto Nacional de Estadística e Informática

**INIA:** Instituto Nacional de Innovación Agraria

**K:** Potasio

**Kcal:** Kilocalorías

**Kg:** Kilogramos

**Mcal:** Megacalorías

**Mg:** Magnesio

**MIDAGRI:** Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego

**MINAGRI:** Ministerio de Agricultura y Riego

**MO:** Materia Orgánica

**MS:** Materia Seca

**N:** Nitrógeno

**NFTA:** Asociación Nacional de pruebas de Forrajes

**NIRS:** Espectrómetro Infrarrojo Cercano

**NRC:** National Research Council

**P:** Fosforo

**PC:** Proteína Cruda

**PV:** Peso Vivo

**RMS:** Rendimiento de Materia seca

**RMV:** Rendimiento de Materia Verde

**SIBEc:** Sala de Investigación en Bioenergética en Cuyes

**TM:** Toneladas métricas

## RESUMEN

El trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar las características productivas, el cual tuvo lugar en el sector Alto Rio Blanco del valle de San Miguel, distrito de Vilcabamba, provincia la Convención, departamento del Cusco, así mismo se evaluó el aporte nutricional y el aprovechamiento del pasto Guatemala (*Tripsacum laxum*) en la sala de investigación en bioenergética en cuyes (SIBEC) y en el laboratorio de nutrición, ciencia y tecnología de alimentos; para el cual se usó 60 cuyes machos de la línea Perú de dos edades, destetados con peso promedio de  $543.75 \text{ g} \pm 101.49$  y adultos con peso promedio de  $858.00 \pm 132.40 \text{ g}$ . En las características productivas se evaluaron el Rendimiento de Materia Verde (RMV) y Rendimiento de materia seca (RMS), los cuales fueron expresados en kg/ha, mientras en el aporte nutricional se consideró el porcentaje de materia seca (MS) y materia orgánica (MO), en cuanto a la digestibilidad se hizo a través del suministro de alimento diario y de la colección total de heces. Se empleó dos tipos de diseño, DCA para las características productivas y aporte nutricional y DCA con arreglo factorial de  $3 \times 2$  para la evaluación de digestibilidad con seis, tres y diez repeticiones respectivamente; los factores evaluados fueron tiempo de corte del pasto Guatemala (cuatro, ocho y doce semanas) y edad de cuy. El contenido de proteína cruda en el pasto Guatemala fue mayor a las cuatro semanas de corte con 13.82 % y el mayor RMS fue a las doce semanas con 124,867 kg/ha ( $p < 0.05$ ). La digestibilidad de la MS y MO del pasto Guatemala no se vio influenciada por el tiempo de corte ( $p > 0.05$ ), pero si por la edad de los animales, siendo mayor en cuyes adultos ( $58.14 \pm 5.25 \%$  y  $59 \pm 5.18 \%$  respectivamente;  $p < 0.05$ ). El pasto Guatemala es una buena alternativa para la alimentación de cuyes por su alto rendimiento, valor nutricional y nivel de aprovechamiento.

**Palabras claves:** Pasto Guatemala, tiempo de corte, rendimiento forrajero, aporte nutricional, edad de cuy, digestibilidad.

## ABSTRACT

the aim of the research work was to evaluate the productive characteristics, which took place in the Alto Rio Blanco sector of the San Miguel valley, Vilcabamba district, La Convencion province, department of Cusco, and the nutritional contribution and utilization were also evaluated. of Guatemala grass (*Tripsacum laxum*) in the guinea pig bioenergy research room (SIBEC) and in the nutrition, science and food technology laboratory; for which 60 male guinea pigs from the Peru line of two ages were used, weaned with an average weight of  $543.75 \text{ g} \pm 101.49$  and adults with an average weight of  $858.00 \pm 132.40 \text{ g}$ . In the productive characteristics, the Green Matter Yield (RMV) and Dry Matter Yield (RMS) were evaluated, which were expressed in kg/ha, while in the nutritional contribution the percentage of Dry Matter (DM) and Organic Matter was considered. (MO), in terms of digestibility, it was done through the daily food supply and the total collection of feces. Two types of design were used, DCA for productive characteristics and nutritional contribution and DCA with a 3 X 2 factorial arrangement for the evaluation of digestibility with six, three and ten repetitions respectively; The factors evaluated were Guatemala grass cutting time (four, eight and twelve weeks) and guinea pig age. The crude protein content in Guatemala grass was higher after four weeks of cutting with 13.82% and the highest RMS was at twelve weeks with 124,867 kg/ha ( $p < 0.05$ ). The digestibility of DM and OM of Guatemala grass was not influenced by the cutting time ( $p > 0.05$ ), but by the age of the animals, being higher in adult guinea pigs ( $58.14 \pm 5.25 \%$  and  $59 \pm 5.18 \%$  respectively;  $p < 0.05$ ). Guatemala grass is a good alternative for feeding guinea pigs due to its high performance, nutritional value and level of utilization.

**Keywords:** Guatemala grass, cutting time, forage yield, nutritional contribution, guinea pig age, digestibility.

## I. INTRODUCCIÓN

El cuy (*Cavia porcellus*) es una especie nativa que se ha mantenido a lo largo del tiempo por la función que cumple en contribuir con la seguridad alimentaria, además de formar parte de los ingresos económicos de muchas familias; por ello en regiones de costa, sierra y selva se ha incrementado la población de esta especie a más de 18.7 millones a nivel nacional, de acuerdo al Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2020). Para el 2022, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2023), indica que la crianza de cuyes fue una de las principales crianzas después de las gallinas con un porcentaje de productores de 56.7 % y 75.9 % respectivamente. Según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI, 2019); menciona que en la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) realizada en el año 2017 los principales departamentos productores son: Cajamarca, Cusco, Ancash, Apurímac, Junín, Lima, La Libertad, Ayacucho, Arequipa y Lambayeque. Según el piso altitudinal, la población de cuyes se distribuye mayormente en la región Quechua con 46.0 %, seguido de la Suni o Jalca con 20.0 % y la Yunga Fluvial con 11.0 % (MIDAGRI, 2019).

El cuy es un animal herbívoro monogástrico, que llega a transformar el alimento en nutrientes mediante la acción enzimática en el estómago y acción microbiana en el ciego que le confiere cualidades fisiológicas para un mejor aprovechamiento de los alimentos principalmente fibrosos (Escobar y Urbano, 2018).

La alimentación es uno de los factores de mayor importancia dentro de la crianza de cuyes; representa alrededor del 60 % de los costos de producción (Escobar y Urbano, 2018). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2000), indica que las principales fuentes de alimentación en los cuyes son los forrajes, los cuales llegan a cubrir una parte de los requerimientos nutricionales (cantidad y calidad), además permiten el buen desempeño logrando obtener parámetros productivos y reproductivos adecuados.

En zonas tropicales existen varias especies forrajeras que pueden ser utilizadas como alternativa en la alimentación de cuyes, las mismas que están siendo subutilizadas, tomando en cuenta las buenas características nutricionales que estas tienen, como es el caso del pasto Guatemala (*Tripsacum laxum*) (Sánchez, 2007).

Según Pineda y Sierra (2017), el pasto Guatemala es una gramínea perenne alta que posee hojas abundantes, anchas y alargadas, con tallos gruesos y presenta inflorescencias en forma de espiga. Vallejo y Zapata (2020), indican que se adapta muy bien en climas cálidos y medios, es tolerante a la sequía y de bajo crecimiento durante épocas secas; además, al ser cortado a intervalos de seis semanas, contiene 20 % de materia seca (MS), 1.3 % de proteína cruda (PC) digestible y 7.9 % del equivalente en almidón. Boschini y Vargas (2018), al realizar el análisis de composición química del pasto Guatemala (un año de edad), obtuvieron 12.98 % de MS y 10.39 % de PC en los tallos.

La alimentación en cuyes presenta limitaciones por la escasez de forraje en ciertas épocas del año, en los cuales el bajo valor nutritivo, rendimiento forrajero en cantidad y calidad, son inferiores; lo que determina un incremento en los costos de producción, razón por la cual existe la necesidad de buscar alternativas que permitan reducir los costos de alimentación, como es el uso del pasto Guatemala, que por sus condiciones de crecimiento son de alta disponibilidad a lo largo de todo el año (Meza *et al.*, 2014; Almerco, 2019). Sin embargo, son pocas las experiencias de uso y valoración nutricional (variaciones nutricionales en función al estado fenológico, tiempo de cosecha, nivel de aprovechamiento, entre otros), por lo que se recomienda realizar más investigaciones tendientes a mejorar el aprovechamiento de los forrajes.

La escasa información sobre la digestibilidad del pasto Guatemala en cuyes y su variación en composición nutricional originó a realizar el presente trabajo de investigación, el cual pretende generar información para la sociedad y aún más para el sector agropecuario respecto a las características productivas, aporte nutricional en diferentes tiempos de corte y su digestibilidad, tomando en consideración la edad de los animales, para así tener alternativas para optimizar la alimentación de los cuyes.

## II. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

Limitada información del valor nutricional y del aprovechamiento del pasto Guatemala (*Tripsacum laxum*) en diferentes tiempos de corte, utilizados en la alimentación de cuyes en el valle de San Miguel, distrito Vilcabamba, Provincia de La Convención, Región Cusco.

### 2.1. DESARROLLO DEL PROBLEMA

En los últimos años la crianza de cuyes se fue incrementado convirtiéndose en una actividad pecuaria rentable para el productor, debido a la facilidad de crianza, manejo, alto valor nutricional y bajos costos de producción (Ortiz *et al.*, 2021). Lo cual implica realizar más investigaciones en la alimentación, reproducción, manejo, sanidad, etc.; que ayude a mejorar la eficiencia productiva a través del acceso de información a los productores (Chauca, 2013). La alimentación es fundamental en la producción de cuyes al igual que en otras especies, además constituye al rededor del 60 a 70% de los costos de producción, por lo que implica realizar el aprovechamiento de los recursos forrajeros, principal fuente de alimento (Núñez, 2017).

En el valle de San Miguel, los productores utilizan el pasto Guatemala (*Tripsacum laxum*) como una de las principales fuentes de alimentación para los cuyes, principalmente por las características que posee, de ser un forraje de alto rendimiento forrajero y rápido crecimiento, el cual permite utilizar este forraje de una manera fácil y económica; sin embargo, los productores desconocen del valor nutricional y no realizan el manejo del momento óptimo de corte.

Entonces, al haber escasa y limitada información sobre el aporte nutricional y el momento óptimo de corte, no se realiza un aprovechamiento adecuado del pasto Guatemala. En este sentido, el trabajo de investigación está orientado a la evaluación de características productivas y a la valoración nutricional del pasto Guatemala, de esa manera dar la información a los productores para su mejor uso y optimizar la alimentación en los cuyes.

## **2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **2.2.1. PROBLEMA GENERAL**

Actualmente, se tiene avances importantes respecto a la valoración nutricional de diferentes insumos, sin embargo, aún existe limitada y escasa información sobre las características productivas y el valor nutricional del pasto Guatemala (*Tripsacum laxum*), empleada como fuente de alimento.

En base a estos antecedentes se genera la siguiente interrogante de investigación: ¿Cuál será el valor nutricional del pasto Guatemala (*Tripsacum laxum*) en diferentes tiempos de corte? ¿Los cuyes aprovecharán de la misma manera el pasto Guatemala (*Tripsacum laxum*) en sus diferentes tiempos de corte?

### **2.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- Escasa información sobre las características productivas del pasto Guatemala cosechada a diferentes tiempos de corte.
- Escasa información del aporte nutricional del pasto Guatemala en diferentes tiempos de corte (cuatro, ocho y doce semanas).
- La información existente sobre la digestibilidad del pasto Guatemala cosechada a diferentes tiempos de corte, en cuyes destetados y adultos, es limitada.

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

#### **3.1. OBJETIVOS**

##### **3.1.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar el rendimiento y el aporte nutricional del pasto Guatemala (*Tripsacum laxum*) cosechado a tres tiempos de corte y su digestibilidad en cuyes machos de dos edades.

##### **3.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a. Evaluar las características productivas (rendimiento forrajero) del pasto Guatemala a tres tiempos de corte (cuatro, ocho y doce semanas).
- b. Evaluar el aporte nutricional del pasto Guatemala a tres tiempos de corte (cuatro, ocho y doce semanas).
- c. Evaluar la digestibilidad del pasto Guatemala a cuatro, ocho y doce semanas de corte en cuyes machos destetados y adultos.

### 3.2. JUSTIFICACIÓN

La crianza de cuyes es una actividad pecuaria muy practicada en el valle de San Miguel, distrito Vilcabamba, provincia La Convención, departamento del Cusco y región Cusco, como una fuente de alimento e ingresos económicos, actualmente existen pequeños y medianos productores; sin embargo, la alimentación, que es uno de los factores que juega un rol importante en la producción de cuyes, lo realizan solo en base al conocimiento empírico.

En la alimentación de los cuyes en el valle de San Miguel; se utilizan forrajes tropicales, como es el caso del pasto Guatemala (*Tripsacum laxum*) conocido en esta zona como “Piosin”, el cual es un forraje de rápido crecimiento, con altos niveles de rendimiento forrajero. Sin embargo, estas características fenológicas, hacen de que su valor nutricional sea altamente variable, afectando su consumo y gustocidad.

En base a ello, existe la necesidad de conocer su composición nutricional y aprovechamiento a nivel digestivo en los cuyes; así como evaluar la mejor forma de plantación de sus esquejes, buscando con ello mejores rendimientos, debido a que se observa que el manejo de este forraje (por parte de los pobladores) es inadecuado. Gutierrez *et al.* (2020) indican que los forrajes conforme crecen y maduran reducen su valor nutritivo incrementando su lignificación y reduciendo el número de hojas, obteniéndose así una baja calidad forrajera y la digestibilidad se ve influenciado por su estado de madurez, lo que genera que el nivel de aprovechamiento en la alimentación de cuyes sea insuficiente.

En este sentido, el estudio es relevante porque proveerá información sobre las características productivas y la variación del aporte nutricional en distintos tiempos de corte, así mismo las variaciones de los valores de digestibilidad en los cuyes destetados y adultos, constituyéndose un aporte para los productores del valle de San Miguel para que puedan realizar un mejor uso de este recurso forrajero y aprovechar el valor nutricional que ofrece.

## IV. MARCO TEÓRICO

### 4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

#### 4.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Mtengeti *et al.* (2006), al evaluar la composición química del ensilado del pasto Guatemala en estado fresco y presecado en África oriental, obtuvieron mayores contenidos de proteína cruda (PC) y materia seca (MS) y menor contenido de fibra detergente neutro (FDN) en ensilado con forraje presecado, los valores de PC variaron de 7.3 % a 7.8 %, MS de 28.2 % a 30.2 % y FDN de 58.5 % a 69.9 % a comparación del ensilado con forraje fresco donde obtuvieron para PC de 6.8 % a 7.6 %, MS de 25.8 % a 26.5 % .FDN 63.6 % a 70.2 %.

Vargas (2009); en Costa Rica, al realizar la valoración bromatológica del pasto Guatemala de 365 días, encontró un contenido de MS de 15.49 %, PC de 8.79 %, FDN de 68.58 % y fibra detergente ácida (FDA) de 45.40 %, del cual concluyó que el contenido de MS es aceptable para la edad de corte, además que a esa edad el pasto Guatemala mostró buena cantidad de hojas, al cual se atribuye el contenido de proteína, por ser la parte estructural menos fibrosa.

Por otro lado, Cruz (2017) evaluó el comportamiento agronómico y composición química de gramíneas y leguminosas de 30 y 45 días de corte (Ecuador), encontró que el pasto *Tripsacum Laxum* presenta mayor contenido de PC y FC a los 45 días de corte (20.19 % y 41.02 % respectivamente); sin embargo, también observó menor contenido de fibra a los 30 días de corte, por lo que concluye que el pasto Guatemala presenta mejores contenidos de PC a los 45 días frente a los demás pastos evaluados (gramalote, cubano y elefante) y que la FC se incrementa conforme avanza la edad del pasto.

Boschini y Vargas (2018), al evaluar la respuesta bromatológica del pasto Guatemala en hoja, tallo y planta entera, con diferentes niveles de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK), en Costa Rica, observaron que la hoja contiene un contenido de PC que varía en un rango de 10.24 % a 15.83 %, 6.28 % a 11.01 % en tallo y 8.88 % a 13.75 % en planta entera, del mismo modo para MS tuvieron un contenido de 21.54 % a 24.64 % en hoja, 10.31 % a 12.98 % en tallo y 12.83 % a 19.66 % en planta entera y para FDN

observaron 69.15 % a 73.03 % en hoja, 63.02 % a 69.26 % en tallo y 67.29 % a 71.15 % en planta entera; estas variaciones en la respuesta bromatológica están relacionadas a los diferentes niveles de utilización de fertilizantes.

Andualem y Hundessa (2022), al evaluar el rendimiento de materia seca a tres tiempos de madurez (120, 150, 180 días), en el sur de Etiopía, reportaron 26.2 TM/ha a los 180 días de cosecha, mayor producción frente a 120 días con 6.84 TM/ha y 14.9 TM/ha a los 150 días; el mayor rendimiento se relaciona a la producción de macollos observada al tiempo de cosecha y al crecimiento vegetativo del forraje.

Polo (2021), al realizar un estudio en una provincia de Panamá, con la finalidad de conocer el efecto del uso de abono orgánico sobre la calidad nutritiva y el rendimiento de materia seca (RMS) del pasto Guatemala, en dos frecuencias de corte, obtuvo como resultado un contenido de PC promedio de 13.18 % a los 45 días de corte y 9.85 % a los 60 días de corte; del mismo modo, al evaluar el rendimiento de materia seca observó una mayor producción a los 60 días de corte con 4,581 kg/ha y menor a los 45 días de corte con 2,148 kg/ha, dichos valores antes mencionados difieren según la dosis de abono orgánico usado.

Bressani *et al.* (1958), determinaron la digestibilidad de siete pastos tropicales en carneros en el país de Guatemala, considerando entre ellos el pasto Guatemala, donde los porcentajes de coeficiente de digestibilidad (CD) de los nutrientes fue para PC: 51.5 %, FC: 67.8 % y MO: 56 %; estos resultados fueron similares a los valores obtenidos de digestibilidad para el pasto Calingüero con 49.8 % para PC, FC: 70.6 %, MO: 61.3 %, sin embargo estos dos forrajes mostraron menores valores de digestibilidad frente al pasto Napier enano donde se obtuvo 75.1 % en PC, FC 66.5 % y MO 60.8 %.

Laredo (1969), evaluó la digestibilidad del pasto Guatemala a tres tiempos de corte (ocho, nueve y 10 semanas) en ovejas, donde obtuvo que a la edad de nueve semanas el pasto Guatemala presenta una mayor digestibilidad de la PC con 81.91 % frente a las edades de ocho semanas y 10 semanas con 78.00 % y 56.90 % respectivamente; por otro lado, el CD de la FC fue mayor a la edad de ocho semanas con 85.96 % frente a las edades de nueve y 10 semanas con 75.75 % y 75.63 % correlativamente.

#### 4.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Reyna (2018), al realizar un trabajo de investigación con respecto al análisis químico del pasto Guatemala a tres tiempos de corte (40, 60 y 80 días), obtuvo como resultado 13.95 % y 9.59 % de PC a los 40 y 80 días respectivamente, en cuanto a MS observó el incremento de los valores conforme avanza la edad del pasto, obteniendo valores de 28.87 % a 30.18 % y para FC observó mayor contenido a los 80 días (27.19 %) y menor a los 40 días de corte (23.02 %), estos valores indican que la edad del pasto Guatemala influye en su composición química.

Rupay *et al.* (2023), al evaluar la composición nutricional y la producción de MS del pasto Guatemala en dos frecuencias de corte (45 y 70 días), observaron a los 45 días de corte un contenido de PC de 81.67 g/kg, el cual representa a un 8.17 %, MS de 879.77 g/kg, FDA de 344.90 g/kg y FDN de 621.80 g/kg; para los 70 días observaron una PC de 65.05 g/kg, esto representa a un 6.51 %, MS 883.32 g/kg, FDA 349.80 g/kg y FDN 647.87 g/kg; además, dentro de las características agronómicas, el pasto Guatemala presentó mejores resultados a los 70 días de corte teniendo un rendimiento de materia seca (RMS) de 17.03 TM/ha frente a los demás pastos evaluados y frente a su corte de 45 días 6.81 TM/ha; tanto en el contenido nutricional y producción de MS tuvo efecto la frecuencia de corte.

Reyna (2018), estudió la digestibilidad del pasto Guatemala en cuyes mejorados y criollos, donde obtuvo que la PC fue mayor a la edad de 40 días de corte (75.81 %) y menor a los 80 días (64.58 %); para la FC fue mayor a la edad de 80 días de corte (66.28 %) y menor a los 40 días (63.78 %), en cuanto a la energía digestible (ED) fue mayor a la edad 40 días de corte con 3,220.35 kcal/kg frente a 3,119.78 kcal/kg de 80 días; por otro lado, no observó interacción en sus dos factores evaluados, esto indica que la genética del cuy no influye en la digestibilidad del pasto Guatemala; sin embargo, numéricamente obtuvo una digestibilidad mayor de PC en cuyes mejorados alimentados a la edad de 40 días de corte con 76.01 % frente a los cuyes criollos alimentados a la edad de 80 días de corte con 69.70 %; mientras que en la digestibilidad de la FC, fue mayor en cuyes mejorados alimentados a la edad 60 días de corte con 69.72 % frente a los cuyes criollos alimentados a la edad de 60 días de corte con 62.18 %.

## 4.2. BASES TEÓRICAS

### 4.2.1. PASTO GUATEMALA (*Tripsacum laxum*)

El pasto Guatemala es también conocido como *Tripsacum laxum*, *Tripsacum laxum* Nash y *Trypsacum fasciculatum*, además de nombres comunes como: arrocillo, hierba de Guatemala, hierba maravilla, hierba prodigio, manillo, nutriol, pal, prodigioso y entre otros (Skerman y Riveros, 1990; Vallejo y Zapata, 2020). Es una gramínea perenne originaria de México y América del Sur que se adapta bien a los climas tropicales y subtropicales a una altitud de 0 a 1,800 – 2,000 msnm con una precipitación pluvial de 800 a 2,000 mm y temperatura de 18 a 30 °C (León *et al.*, 2018).

Tiene preferencia por suelos arcillosos o arenosos; sin embargo, tolera suelos ligeramente ácidos con un pH superior a 4.5; además, es resistente a las sequías, pero no tolera las inundaciones (Crowder, 1960; Peters *et al.*, 2010).

La clasificación taxonómica del pasto Guatemala se presenta en la Tabla 1.

**Tabla 1. Clasificación taxonómica del pasto Guatemala (*Tripsacum laxum*)**

Clasificación científica	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Panicoideae
Género	<i>Tripsacum</i>
Especie	<i>Tripsacum laxum</i>
Nombre binomial	
<i>Tripsacum laxum</i> Nash 1909	

Fuente: Guarín (2011)

### **a. Características del pasto Guatemala**

Presenta macollos extendidos y abiertos, donde posee rizomas cortos y gruesos; los tallos son glabros, gruesos y planos, donde puede llegar a medir de 2.5 a 3 m de alto y con un diámetro de 1.5 a 2.5 cm; además, posee hojas abundantes de color verde oscuro con presencia de pocas vellosidades y bordes rugosos, estas pueden llegar a medir de 50 a 100 cm de longitud por 4 a 12 cm de ancho; presenta una inflorescencia monoica, terminal y axilar, en forma de espiga que presenta dos a tres racimos que llegan a medir 20 cm aproximadamente (Guarin, 2011; Martínez, 2019).

### **b. Manejo del cultivo del pasto Guatemala**

El método de siembra se realiza a través de material vegetativo o esquejes que son provenientes de los tallos maduros y vigorosos con tres a cuatro nudos o cepas, se puede llegar a requerir de 800 a 3,000 kg/ha; al momento de la plantación se debe hacer de forma inclinada por dos esquejes por espacio, además de que los surcos pueden estar a una distancia de 1 m y entre plantas a 0.5 m (Peters *et al.*, 2010; León *et al.*, 2018). Su desarrollo inicial es lento y el periodo de establecimiento es mayor frente a otras gramíneas; sin embargo, después del corte su crecimiento es rápido y vigoroso, de modo que son pocas leguminosas que se pueden asociar; entre estas están *Desmodium intortum* y *Desmodium uncinatum*, las cuales mejoran el valor nutritivo del forraje y hasta pueden doblar el rendimiento de la materia seca (Vallejo y Zapata, 2020).

La fertilización se recomienda no realizarla en los primeros cortes, ya que no presenta una buena respuesta, por ello se debe realizar después de un largo periodo de tiempo una vez se observe la disminución en la producción del forraje (Vallejo y Zapata, 2020). De acuerdo a Skerman y Riveros (1990), la fertilización del pasto Guatemala es de 400 kg/ha/año de nitrógeno (N), 80 kg/ha/año de fósforo (P), 50 kg/ha/año de potasio (K), 50 kg/ha/año de calcio (Ca) y 50 kg/ha/año de magnesio (Mg); mientras que Boschini y Vargas (2018) obtuvieron mejores resultados con una fertilización de 337 kg/ha/año de N, 90 kg/ha/año de P y 75 kg/ha/año de K.

Se sugiere realizar un corte de uniformización a los cuatro meses antes de cosechar el forraje, esto con la finalidad de tener una propagación uniforme del material vegetativo; por lo tanto el momento óptimo del corte se realiza aproximadamente entre

seis y ocho semanas (altura de 1.5 m) antes de que se lignifique y disminuya su calidad forrajera, además el corte se realiza de 20 a 25 cm sobre la superficie del suelo, cuanto más alto se realice el corte estimula la mayor producción de rebrotes (Peters *et al.* 2010; Vásquez 2010; Vallejo y Zapata 2020).

El rendimiento forrajero puede variar por las condiciones de suelo y humedad, de acuerdo a Crowder (1960) se consigue una cosecha 250 TM/ha/año de forraje verde, por otro lado Rupay *et al.* (2023) a los 45 días de corte obtuvieron un rendimiento de materia verde (RMV) de 40.38 TM/ha y un rendimiento de materia seca (RMS) de 6.81 TM/ha y a los 70 días de corte obtuvieron 72.37 TM/ha de RMV y 17.03 TM/ha de RMS.

### **c. Uso del pasto Guatemala en la actividad agropecuaria**

El pasto Guatemala se emplea como un alimento en la producción animal de interés zootécnico (vacunos, patos, cerdos y cuyes), se puede suministrar como forraje verde (corte) y como ensilado (Peters *et al.*, 2010; Boschini y Vargas, 2018). Para el ensilado del pasto se requiere realizar un corte de 5 cm aproximadamente, además se adiciona 3 % de melaza (Un galón de melaza por cada 2.2 TM de forraje verde); así mismo se agrega urea de 2.2 kg/TM de forraje verde picado (Vásquez, 2010). Por otro lado, este pasto también es empleado en la agricultura para mejorar la estructura y fertilidad del suelo, además de inhibir las malezas y la erosión del suelo, de igual forma sirve como barreras vivas para cultivos y control de plagas o enfermedades (Labrada *et al.*, 1996; Guarín, 2011).

### **d. Composición química del pasto Guatemala**

El tiempo de corte del pasto Guatemala determinará las características morfológicas, el rendimiento y valores nutricionales; por lo tanto, cuando el forraje es cosechado en menor tiempo presenta mejores propiedades nutricionales (Anduaem y Hundessa 2022).

Reyna (2018), evaluó tres momentos de corte del pasto Guatemala en una sola época (lluviosa) del mes de noviembre a marzo con un clima templado, mientras Rupay *et al.* (2023) evaluaron dos momentos de corte del pasto en dos épocas, lluviosa (mes de septiembre a mayo) y seca (junio a agosto) en un clima tropical húmedo; teniendo

en cuenta esto, se puede observar la variación de la composición química del pasto Guatemala de acuerdo a distintos tiempos de corte (Tabla 2).

**Tabla 2. Composición química del pasto Guatemala (*Tripsacum laxum*) en base seca.**

Nutrientes (%)	Tiempo de corte / días				
	40 a	45 b	60 a	70 b	80 a
Proteína cruda	13.95	8.18	12.08	6.5	9.59
Fibra cruda	23.02	27.28	25.58	25.58	27.19
Ceniza	5.25	6.72	6.25	4.18	6.38
Extracto etéreo	1.42	1.11	1.49	1.26	1.17
Extracto libre de nitrógeno	49.23	44.7	50.77	50.82	46.63

Fuente: a Reyna (2018); b Rupay *et al.* (2023)

#### 4.2.2. IMPORTANCIA DE LA CRIANZA DE CUYES EN EL PERÚ Y LA PROVINCIA DE LA CONVENCION

La crianza de cuyes en el Perú es considerada como una actividad complementaria que por lo general es manejada en forma tradicional; actualmente su consumo contribuye a la seguridad alimentaria de los pobladores urbanos y rurales; en los últimos años se ha revalorado la crianza del cuy no solo por su valor nutritivo, sino también porque genera ingresos adicionales a las familias a través de su comercialización, según lo indica el Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social (FONCODES, 2014).

De acuerdo al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2021), el Perú es el primer productor de carne de cuy a nivel mundial, con alta calidad nutricional (21 % de proteína), que contribuye a la seguridad alimentaria y la economía familiar. Por ello, en los últimos años se viene impulsando y promocionando el consumo de la carne de cuy a nivel nacional e internacional; además, se ha llegado a declarar que el segundo viernes de octubre de cada año, se celebrará el día nacional del cuy (MINAGRI, 2013).

La importancia del cuy radica en las posibilidades de constituirse como una actividad económica a nivel empresarial creando oportunidades de empleo, además en los

últimos años la progresiva demanda de su carne y disponibilidad de la nueva tecnología ha permitido importantes avances en el mejoramiento genético, convirtiendo al cuy en una especie eficiente en la conversión alimenticia, precoz y prolífico, esto ha conllevado a nuevos panoramas de desarrollo competitivo en los mercados regionales y nacionales; así mismo, la importancia del cuy radica en valorar su carne por su aporte nutricional, siendo una fuente proteica con bajo contenido de colesterol y grasas, estas características ha permitido integrarla en las dietas habituales de niños, adolescentes, deportistas, personas adultas y de la tercera edad como parte de una alimentación saludable y de calidad (Gil, 2007).

En el IV Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO) 2012, el Perú contaba con 12 695,030 cuyes en total (INEI, 2012). Para el año 2017, en la encuesta nacional agropecuaria (ENA), la población de cuyes ascendió a 17 380,175 unidades, involucrando a 827,234 productores a nivel nacional, esto significa un incremento de 37 % en referencia al censo del 2012, estas cifras demuestran el constante crecimiento de la actividad productiva de los cuyes, teniendo como principales regiones productoras a: Cajamarca, Cusco y otras regiones (MIDAGRI, 2019).

En los diferentes distritos de la provincia de La Convención, incluido el distrito de Vilcabamba, la crianza de cuyes se desarrolla de forma tradicional, por lo que se han implementado proyectos agropecuarios, como la creación de desarrollo de capacidades productivas en la crianza de cuyes con la finalidad de mejorar la producción, teniendo en cuenta que es una actividad agropecuaria muy practicada que permite a los productores generar ingresos económicos y poder cubrir su canasta familiar (Municipalidad Distrital de Vilcabamba, 2023). Según el IV Censo Nacional Agropecuario 2012, la población de cuyes en la Convención fue de 151,565 cuyes, dentro de ello el distrito de Vilcabamba contaba con 23,522 cuyes (INEI, 2012).

#### **4.2.3. ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA DIGESTIVA DEL CUY**

El cuy es un animal monogástrico y no rumiante, clasificado según su anatomía como fermentador post-gástrico, debido a su capacidad de fermentación microbiana que presenta en el ciego (Chauca, 1997; Navarro, 2022).

La fisiología digestiva del cuy comprende la ingestión, digestión y absorción de nutrientes; así mismo, el estudio de los mecanismos que se encargan de transferir los

nutrientes orgánicos e inorgánicos del medio ambiente externo al medio interno para luego ser conducidos por el sistema circulatorio a cada una de las células del organismo (Chauca, 1997).

El sistema digestivo del cuy está conformado por la cavidad oral, faringe, esófago, estómago, intestino delgado, intestino grueso y órganos accesorios como glándulas salivales, hígado y páncreas (Cardona *et al.*, 2020). La cavidad oral presenta labios, boca, lengua, dientes y glándulas salivales como la parótida, cigomática, mandibular y sublingual, estas cumplen la función de producción de enzimas dando inicio la digestión de azúcares (Cardona *et al.*, 2020; Navarro, 2022). Mientras en el estómago se realiza la digestión enzimática donde el alimento es sometido a jugos ácidos y otras sustancias, produciéndose el inicio la digestión de proteínas, el paso del estómago al intestino es rápida, aproximadamente dura dos horas (Chauca, 1997).

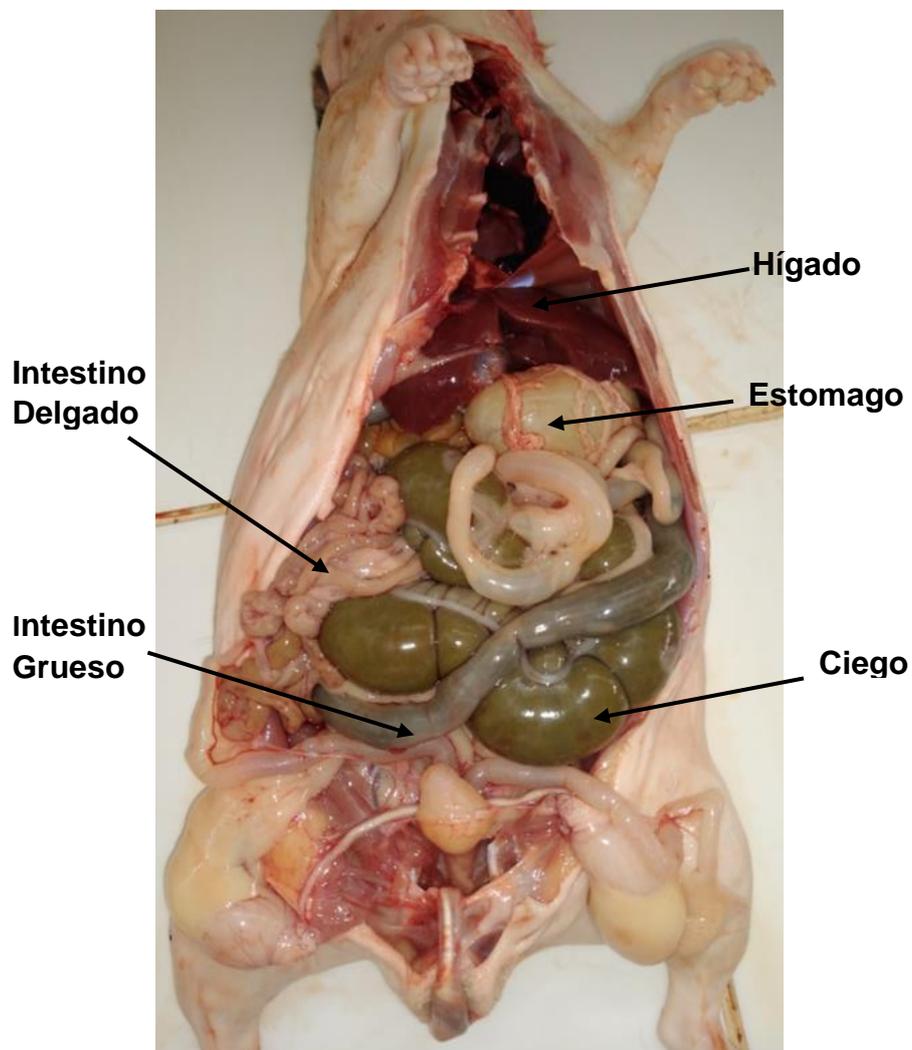
El hígado y la vesícula biliar segrega la bilis al duodeno, que es parte del intestino delgado, realizándose la digestión de grasas, así mismo el páncreas segrega el jugo pancreático que contiene enzimas que aporta en la digestión de las proteínas, además de degradar los azúcares, almidones y grasas, estos son transformados en sustancias simples que serán absorbidos al torrente sanguíneo; mientras en el duodeno y yeyuno existe la adsorción de agua, vitaminas y otros micro elementos; sin embargo la fibra y contenido de la pared celular pasan al intestino grueso (Cardona *et al.*, 2020; Navarro, 2022).

En el intestino grueso el pasaje de los alimentos no digeridos es lento, debido a que permanecen por 48 horas en el ciego, aquí llega a albergar microorganismos como bacterias, protozoos y levaduras que realizan la fermentación bacteriana del alimento, permitiendo el aprovechamiento de la fibra, además realizar la producción y absorción de ácidos grasos volátiles (Chauca, 1997; Navarro, 2022). Asimismo, los microorganismos del ciego llegan a sintetizar la proteína microbiana, vitamina K y la mayoría del complejo B, que son eliminados en forma de heces blandas, estas conforman parte del proceso de la actividad cecotrofia que realizan los cuyes (Navarro, 2022; Portilla, 2017).

En la actividad cecotrofia se producen dos tipos de heces; las heces duras que son las que presentan la fibra no digerida, estas suelen ser redondas, fibrosas y marrones, mientras las heces blandas o también llamadas como cecótopos son más pequeñas

de forma ovoide de color marrón verdoso que están envueltas en mucus (Navarro, 2022; Cardona *et al.*, 2020). Las heces blandas son ingeridas nuevamente por el cuy para iniciar el segundo ciclo de digestión en el estómago y en el duodeno; esta digestión tiene la finalidad de aprovechar el azufre, además de mejorar la digestibilidad de los forrajes, este proceso generalmente se realiza durante la noche (Mora, 1991; Escobar y Urbano, 2018). La cantidad de las heces blandas varía de acuerdo a la edad del animal, proporción y composición del alimento consumido, así como también de los movimientos peristálticos del colon (Gonzalez, 2018). Por último, en el colon se absorbe agua y electrolitos, mientras la fibra no digerible es eliminada (Romero, 2008).

El aparato digestivo del cuy se observa en Figura 1.



**Fuente:** Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos -UNSAAC (2021).

**Figura 1. Aparato digestivo del cuy (*Cavia porcellus*)**

#### 4.2.4. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL CUY

Una buena nutrición permite obtener óptimos parámetros productivos y reproductivos, tal que evita la existencia de enfermedades que limiten expresar su potencial genético (Chauca, 1997; Cardona *et al.*, 2020). Los cuyes, al igual que otros animales a medida que crecen desarrollan diferentes tejidos y órganos de forma diferencial, es decir, que un cuy recién nacido es muy diferente a un adulto, al cual se atribuye la variación en sus necesidades nutricionales (Panduro, 2019). Así mismo, Meza *et al.* (2014) indican que el conocimiento de los requerimientos nutricionales permite elaborar y suministrar raciones balanceadas en las diferentes fases biológicas: gestación, lactancia, crecimiento, reproducción y engorde.

Los principales nutrientes requeridos en la alimentación de los cuyes son: la proteína, fibra, ácidos grasos esenciales, minerales y vitaminas, sus niveles de inclusión dependen de la edad, estado fisiológico, genotipo y medio ambiente donde se crían (Chauca, 1997). Dichos requerimientos nutricionales se presentan en las Tablas 3 y 4.

**Tabla 3. Requerimientos nutricionales del cuy según NRC (1995)**

<b>Nutrientes</b>	<b>Cantidades</b>
Energía Digestible (Kcal/kg)	3000
Proteína total (%)	18.0
Fibra cruda (%)	15.0
Lisina (%)	0.84
Metionina (%)	0.36
Metionina + Cistina (%)	0.60
Arginina (%)	1.20
Treonina (%)	0.60
Triptófano (%)	0.18
Calcio (%)	0.80
Fósforo (%)	0.40
Sodio (%)	0.20
Ácido ascórbico (mg/kg)	200

**Fuente:** NRC (1995)

**Tabla 4. Requerimientos nutricionales según la etapa productiva del cuy**

<b>Nutrientes</b>	<b>Inicio</b>	<b>Crecimiento</b>	<b>Engorde</b>	<b>Gestación/ Lactación</b>
Energía Digestible (Mcal/Kg)	3	2.8	2.7	2.9
Fibra (%)	6	8	10	12
Proteína (%)	20	18	17	19
Lisina (%)	0.92	0.83	0.78	0.87
Metionina (%)	0.4	0.36	0.34	0.38
Metionina + Cistina (%)	0.82	0.74	0.7	0.78
Arginina (%)	1.3	1.17	1.1.	1.24
Treonina (%)	0.66	0.59	0.56	0.63
Triptófano (%)	0.2	0.18	0.17	0.19
Calcio (%)	0.8	0.8	0.8	1
Fósforo (%)	0.4	0.4	0.4	0.8
Sodio (%)	0.2	0.2	0.2	0.2

**Fuente:** Vergara (2008)

#### **a. Proteína**

Las proteínas son compuestos orgánicos complejos de alto peso molecular; contienen carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre, los cuales se encuentran en todas las células vivas (McDonald *et al.*, 2017); son los principales componentes de la mayoría de los tejidos del animal e intervienen en la formación de tejidos, producción de leche, formación de pelos y otros, del mismo modo que un uso inapropiado trae como consecuencia bajo peso al nacimiento, crecimiento retardado, infertilidad, baja producción de leche y menor eficiencia en la utilización de alimentos (Chauca, 1997; Gutierrez *et al.*, 2020).

Las proteínas son usadas al ser degradadas en aminoácidos, es así que existen aminoácidos que se sintetizan en los tejidos del animal (aminoácidos no esenciales) y aminoácidos que deben ser incorporados en su alimentación (aminoácidos esenciales) (INATEC, 2016).

El NRC (1995) recomienda 18 % de proteína total, con 0.84 % de lisina, 0.36 % de metionina y 0.18 % de triptófano. A la actualidad existen varios reportes de estudios realizados con diferentes niveles de inclusión de proteína en la alimentación de cuyes, varios de ellos reportan que a partir del 14 % de proteína muestran buenos incrementos de peso en cuyes en crecimiento, y niveles menores a 10 % producen pérdidas de peso (Chauca, 1997).

#### **b. Fibra**

La fibra cumple funciones importantes en la alimentación de los cuyes, favorece la digestibilidad de otros nutrientes retardando el pasaje del alimento por el tracto digestivo (Chauca, 1997); además, contribuye en cubrir los requerimientos de energía, del mismo modo que la no incluirla en cantidades suficientes trae como consecuencia un retardo en el crecimiento, provocando una deficiencia en el proceso productivo (Guamán, 2022).

El aporte de fibra en la alimentación de cuyes está dado por el consumo de forraje, fuente principal de su alimentación; los cuyes tienen una gran capacidad de digerir fibra, es así que la fibra suministrada en un alimento balanceado pierde importancia cuando se ofrece una alimentación con inclusión de forraje (alimentación mixta) (Chauca, 1997; Gutierrez *et al.*, 2020). El NRC (1995) recomienda usar 15 % de fibra, mientras Chauca (1997), indica que en una alimentación balanceada se use de 5 al 18 % de fibra.

#### **c. Energía**

La energía es requerida por el cuy para su mantenimiento y producción, esta es obtenida a partir de los carbohidratos, lípidos y proteínas; los más disponibles son los carbohidratos fibrosos y no fibrosos provenientes del alimento de origen vegetal (Chicaiza, 2014).

Los forrajes son fuentes de energía y su consumo varía ante diferentes valores de energía digestible (ED) dentro de ello las gramíneas son ricas en azúcares y almidones, carbohidratos, que proveen energía al animal (Chauca, 1997; Guamán, 2022). Según la NRC (1995), la cantidad sugerida de ED es de 3,000 kcal/kg en la dieta.

Los cuyes responden eficientemente al suministro de alta energía; sin embargo, el consumo excesivo trae como consecuencia una mayor deposición de grasa, lo cual puede llegar a perjudicar el desempeño reproductivo (partos distócicos) (Chicaiza, 2014). Por otro lado, la deficiencia en energía puede traer consigo un crecimiento lento, pérdida de peso y afectar sus funciones vitales, provocando la muerte (Cardona *et al.*, 2020).

#### **d. Grasa**

Las grasas y los aceites son triglicéridos que se encuentran en los tejidos vegetales y animales, tienen mucha importancia en la dieta de los cuyes, ya que cubren los requerimientos de ácidos grasos no saturados, principalmente del ácido linoleico, que no pueden ser sintetizados por los cuyes (Chicaiza, 2014). Se recomienda el uso de 1 a 3 % de grasa en su dieta y así poder evitar problemas como dermatitis, retardo en el crecimiento, úlceras en la piel, caída y pobre crecimiento del pelo, provocados por la deficiencia de ácidos grasos insaturados (Wagner y Manning, 1976; NRC, 1995; Chauca, 1997; Malagón, 2013).

#### **e. Minerales**

Dentro de los minerales más importantes en la producción de cuyes están: calcio, fósforo, sodio, potasio, magnesio y cloro, estos cumplen diferentes funciones metabólicas (Usca *et al.*, 2022). También cabe mencionar a los demás minerales como yodo, hierro y zinc, funcionan como activadores de enzimas y hormonas (Maynard, 1979).

Según Cardona *et al.* (2020), los minerales son importantes en todas las etapas productivas de los cuyes; sin embargo, el calcio y el fósforo son aún más fundamentales y esenciales durante la etapa de crecimiento, para la formación de huesos, dientes y producción de leche en madres paridas.

Para evitar problemas por deficiencia de minerales, como falta de apetito, alteración hormonal y otros, es necesario que se tenga un equilibrio entre los macro elementos y micro elementos (Guamán, 2022).

## **f. Vitaminas**

Las vitaminas cumplen funciones importantes en el organismo, como participar en el metabolismo del animal; sin embargo, se requieren en menor cantidad, existen vitaminas que no pueden ser sintetizadas en el organismo del cuy por lo que se requiere incluirla en su dieta o ser suplementadas, caso de ello es la vitamina C y por ello es necesario suministrar forraje verde a los cuyes, ya que es una fuente principal de vitamina C, además de las vitaminas A, D y E (Cardona *et al.*, 2020).

Existen vitaminas hidrosolubles y liposolubles, entre las vitaminas liposolubles están A, D, E y K que son parcialmente producidas por el organismo del cuy (Cardona *et al.*, 2020). Los cuyes y otros animales que tienen deficiencias de vitaminas pueden tener un crecimiento lento y problemas en la reproducción, además de enfermedades como raquitismo (deficiencia de vitamina D), degeneración de los músculos voluntarios (deficiencia de vitamina E) y otros problemas de salud como inflamación de encías y pérdidas de peso (deficiencia de vitamina C) (Usca *et al.*, 2022).

## **h. Agua**

El agua es uno de los elementos más importantes dentro de la alimentación animal y existen tres fuentes de las cuales se puede obtener: agua de bebida, agua contenida en el alimento y el agua metabólica; el consumo de agua está determinado por las condiciones climáticas en las que se da la crianza y por el tipo de alimentación que recibe; por ello cuando se suministra forraje fresco, se compensa su consumo de agua con la humedad contenida del forraje (Chauca, 1997).

El agua cumple funciones importantes en el organismo del animal como regulación de temperatura y transporte de nutrientes, además que participa en muchas reacciones químicas (Castro y Chirinos, 1997). Al ofrecer 100 a 150 g de forraje verde en una alimentación mixta, se asegura una ingestión de 80 a 120 ml de agua, el cual cubre las necesidades hídricas del animal; sin embargo, si la temperatura sobrepasa los 30 °C, puede llegar a consumir hasta 250 ml de agua cuando no se le suministra forraje verde (Castro y Chirinos, 1997; Chauca, 1997).

#### 4.2.5. DIGESTIBILIDAD

La digestibilidad es la cantidad de nutrientes de la fracción de un alimento que no es eliminada en las heces y se considera que esta fracción ha sido aprovechada por el animal a través de la absorción en el tracto digestivo; por consiguiente, la digestibilidad se utiliza como un indicador para el grado de aprovechamiento de un alimento considerando de que en cualquier alimento una parte es digestible y aprovechado y la otra partes es eliminada en las heces (Bondi, 1989; McDonald y *et al.*, 2017).

La digestibilidad en forrajes es muy variada debido al estado de madurez, disminuye el contenido de proteína y azúcares e incrementa el contenido de pared celular (celulosa y lignina) (Bondi 1989; Shimada, 2003).

##### a. Métodos para determinar la digestibilidad

Existen varios métodos con diferentes mecanismos para determinar la digestibilidad de un nutriente presente en un alimento, entre ellos están la digestibilidad *in vivo*, el cual consiste en el uso de animales de quienes se registra el alimento consumido, alimento rechazado y la producción de heces; *in situ* que se realiza en animales fistulados, canulación ileal y también está el método *in vitro*, en el cual se simula la digestibilidad con el uso de enzimas y con técnicas de fermentación, este método es más trabajo de laboratorio (McDonald *et al.*, 2017).

El método *in vivo* puede ser directo o indirecto e implica la recolección total de heces o el uso de indicadores respectivamente; el método directo *in vivo* es una técnica que se realiza directamente en el animal, en el cual se le suministra una cantidad conocida de alimento (tamaño de partículas de 2.5 cm en forrajes), donde posteriormente se registra la producción de heces, y a partir de ello se hace la cuantificación asumiendo que la porción de alimento no excretado fue digerida y absorbida (Mirabá, 2015).

Para la evaluación de la digestibilidad por el método *in vivo* se recomienda el uso de un número suficiente de animales porque, a pesar de que sean animales de la misma edad, sexo y raza presentan diferencias en la utilización digestiva de los alimentos; además, se presume que con un número suficiente de animales el margen de error será menor (Crampton y Harris, 1979).

Crampton y Harris (1979), recomiendan realizar una prueba de digestibilidad mediante la colección total de heces, donde el animal primero consume una dieta del mismo tipo (método directo) por un período de siete días como adaptación al alimento, así mismo es el tiempo en el cual el tracto digestivo queda libre de alimentos anteriores a la prueba, que en monogástricos es de uno a tres días, en esta etapa de adaptación, el animal recibe el alimento en estudio, para posteriormente realizar la colección de heces por cinco días, así mismo recomienda que el alimento se debe de suministrar en una misma hora posible y que las heces recogidas sean significativas cuantitativamente y no incluyan heces procedentes de alguna ración anterior al experimento; por otro lado, indica que el método indirecto se realiza con dos o más pruebas de digestión, donde en la primera prueba se administra una dieta basal y en una segunda prueba se administra la mezcla de la dieta basal y el alimento en estudio, determinándose en ambos casos la digestibilidad de sus nutrientes; la eliminación fecal se mide por el método de colección total en ambas pruebas.

#### **b. Expresión de la digestibilidad aparente**

La digestibilidad aparente no excluye a las fracciones de nutrientes que aparecen en las heces y que provienen de fuentes endógenas como células de la mucosa intestinal, secreciones digestivas, bacterias vivas y muertas que se eliminan en las heces junto a los residuos indigestibles del alimento, la proteína que no proviene del alimento al igual que los carbohidratos que son polisacáridos de origen bacteriano (Pond *et al.*, 2002). La digestibilidad aparente no diferencia la procedencia de los nutrientes que aparecen en las heces, que provienen de los alimentos y los que son propios del animal como células descamadas de la mucosa intestinal, secreciones biliares, fluidos digestivos, etc.; este tipo de digestibilidad se expresa en términos de materia seca y el coeficiente de digestibilidad en porcentaje (Huarco, 2012).

El coeficiente de digestibilidad (CD) cuantifica la digestibilidad de los nutrientes absorbidos a partir de los nutrientes ingeridos; permite conocer mejor cómo es aprovechado un nutriente del alimento, mejorar la calidad de alimento ofrecido y disminuir los desechos de origen alimentario (Bondi, 1989).

De acuerdo a Crampton y Harris (1979) y Bondi (1989), el CD se expresa bajo la siguiente fórmula:

$$CD (\%) = \frac{NUTRIENTE INGERIDO (g) - NUTRIENTE EN HECES (g)}{NUTRIENTE INGERIDO (g)} \times 100$$

### **c. Expresión de la digestibilidad verdadera**

La digestibilidad verdadera es la digestibilidad aparente menos los compuestos de origen metabólico o endógeno y para ser determinada se necesita hacer una diferenciación de nutrientes que aparecen en las heces que no son de origen alimenticio si no de origen metabólico (Bondi, 1989).

## **4.2.6. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DIGESTIBILIDAD**

### **a. Composición del alimento**

La composición química de los alimentos influye sobre los valores de digestibilidad; en los forrajes la digestibilidad es más variable debido al contenido de cantidad y composición química de la fibra (McDonald y Greenhalgh, 1999).

La fase de madurez de los forrajes influye sobre la digestibilidad, debido a que las plantas conforme crecen aumentan el contenido de pared celular, disminuyen el contenido de proteína, azúcares y la planta se hace menos digestible (Bondi, 1989). El componente que más afecta la digestibilidad es la fibra cruda que cuando se añade en grandes cantidades a una ración reduce la digestibilidad de los demás componentes; además, hay un mayor desprendimiento de las células intestinales, este efecto desciende la digestibilidad de la proteína aparente; sin embargo, en los cuyes y conejos regulan la ingestión de la proteína a través de la cecotrófia (Cheeke, 1995). Por otro lado, los alimentos que son bajos en fibra son más digestibles, debido a que sus paredes celulares son delgadas; estas son degradadas fácilmente por los jugos digestivos y enzimas (Morrison, 1980).

### **b. Preparación del alimento**

Las formas de preparación más comunes a las cuales se someten los alimentos para ser suministrados a los animales, son el picado, aplastamiento, molienda y cocción,

de ello el picado afecta poco la digestibilidad, pero la molienda fina tiene un efecto marcado sobre ella, ya que puede reducir la digestibilidad debido a que se da el pasaje más rápido a través del tracto digestivo (McDonald y *et al.* 2017).

### **c. Factores dependientes del animal**

Se considera la especie y el estado fisiológico del animal; entre las especies, las aves y los cerdos digieren mejor aquellos alimentos con alto contenido de proteína, almidón y baja cantidad de fibra, mientras los rumiantes realizan un mejor aprovechamiento de los alimentos fibrosos con bajo contenido proteico y los cuyes son eficientes en la utilización de la fibra gracias a que ellos realizan una digestión microbiana a nivel del ciego y colon produciendo ácidos grasos volátiles que contribuyen significativamente en satisfacer los requerimientos de energía (McDonald y Greenhalgh, 1999). La edad de los animales también influye en la digestibilidad de los nutrientes; esta aumenta conforme avanza la edad del animal, debido a que hay una mejor eficiencia enzimática y desarrollo gastrointestinal a comparación de un animal joven, donde existe poca actividad funcional por parte de su sistema digestivo (Campos, 2007).

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en dos fases, la primera que corresponde a las características productivas (rendimiento forrajero) del pasto Guatemala y la segunda a la valoración nutricional de forraje que comprende el aporte nutricional y la digestibilidad del mismo. Ambos experimentos tuvieron una duración de 15 meses, comprendidos en tres momentos: seis meses para la etapa pre experimental y experimental, cinco meses para laboratorio y cuatro meses para el procesamiento de datos.

### 5.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La ubicación de la primera fase del estudio fue en el sector Alto Rio Blanco que posee un clima templado-cálido (temperatura 15 °C a 26 °C), ubicado en el valle de San Miguel del distrito de Vilcabamba, provincia de La Convención, departamento del Cusco, región Cusco; que se encuentra a una altitud de 1224 m.s.n.m. (figura 2).



Fuente: Google Earth (2024)

**Figura 2. Ubicación de la evaluación en la primera fase**

La segunda fase del estudio se realizó en la Sala de Investigación en Bioenergética en cuyes (SIBEc) y en el Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos del área de Nutrición de la Escuela Profesional de Zootecnia, ubicados en el centro agronómico de K'ayra de la Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, del distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco, departamento del Cusco, el cual se encuentra a una altitud de 3227 m.s.n.m. (Figura 3).



**Fuente:** Google Earth (2024)

**Leyenda:** 1. Sala de Investigación en Bioenergética en cuyes (SIBEc) 2. Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos del área de Nutrición

**Figura 3. Ubicación de la evaluación en la segunda fase**

## **5.2. MATERIALES Y EQUIPOS**

### **5.2.1. MATERIAL VEGETAL**

Se usaron 1,560 esquejes del pasto Guatemala obtenidos de plantas maduras, cada esqueje tuvo un tamaño promedio de 40 cm con tres a cuatro nudos, adquiridos de los alrededores de la zona del sector Alto Rio Blanco. Los esquejes luego de ser recolectados fueron colocados en un espacio protegido de la luz solar, además de estar en constante riego con la finalidad de conseguir la cantidad de esquejes necesarias para la plantación y facilitar el enraizamiento.

### **5.2.2. MATERIAL BIOLÓGICO**

Para este trabajo de investigación se hizo uso de cuyes machos de la línea Perú, tipo 1 de dos edades: destetados (tres a cuatro semanas de edad) y adultos (diez a doce semanas de edad), con pesos promedios  $543.75 \pm 101.49$  g y  $858.00 \pm 132.40$  g respectivamente, adquiridos del Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA.

De una población inicial de 90 cuyes, se seleccionaron 60 cuyes que se adaptaron mejor a las condiciones iniciales del experimento.

### **5.2.3. MATERIALES DE CAMPO**

#### **a. Materiales para la evaluación de características productivas**

- Cinta métrica
- Pico
- Estacas
- Machete
- Sacos
- Tijera de podar

#### **b. Materiales para la evaluación de digestibilidad**

- Jaulas metabólicas individuales de acero inoxidable de 38 cm de longitud x 32 cm de alto x 30 cm de ancho
- Bolsas de papel Kraft N° 2 (10.5 cm x 18 cm x 6.5 cm)
- Bolsas de papel Kraft N° 20 (20.5 cm x 40 cm x 13 cm)

- Bolsas de polietileno 17 cm x 24 cm x 3 cm B/D cristal Triconp
- Balanza digital capacidad 30 kg, marca Visioneer
- Comederos acondicionados (táperes planos medianos con medidas de 21 cm x 14 cm x 5.10 cm)
- Bebederos automáticos tipo niple
- Calefactores – estufa halógena (potencia 1200 w), marca Orange
- Termohigrómetro digital (temperatura y humedad), marca Isolab (laborgerate GmbH)
- Lanzallamas
- Mochilas fumigadoras
- Desinfectante Excuart 50 (principio activo amonio cuaternario al 50%)
- Registro
- Materiales de escritorio (lápices, cuadernos, laptop, etc.)

#### **5.2.4. MATERIALES Y EQUIPOS DE LABORATORIO**

- Estufa de circulación de aire forzado modelo FED 720, marca Binder
- Estufa de esterilización, marca Ecosen
- Mufla eléctrica modelo ECO110/9, marca Protherm
- Mufla eléctrica modelo LE6/11, marca Nabertherm
- Espectrómetro infrarrojo cercano (NIRS) modelo DA 7250 NIR, marca Perten Instrument (longitud de onda 780 y 2500 nm)
- Balanza analítica de 1100 g/ 0.01 g modelo Practum 1102-S, marca Sartorius
- Balanza analítica de 220 g/1 modelo Quintix 224-1x mg, marca Sartorius
- Molino de cuchilla modelo KN295, marca Foss
- Molino ciclónico modelo CT293 CYCLOTEC, marca Foss
- Desecador de borosilicato con medida de 300 mm diámetro
- Crisoles de porcelana con medidas de 35 mm diámetro externo\*44 mm alto
- Bolsas herméticas medianas (20.5 cm x 17.8 cm)
- Pesa filtro de aluminio (40 mm de diámetro x 40 mm de alto)

### 5.3. METODOLOGÍA USADA EN LA INVESTIGACIÓN

#### 5.3.1. PERIODO PRE EXPERIMENTAL

##### a. Plantación del forraje

La parcela contó con un área total de 896 m<sup>2</sup> (32 m de largo por 28 m de ancho); sin embargo, se hizo uso de un área de 780 m<sup>2</sup> (30 m de largo por 26 m de ancho) para la plantación, ya que se consideró un límite de 1 m entre la parcela y otros cultivos (efecto borde); la plantación se realizó a una distancia de 1 m entre surcos y 1 m entre planta. La densidad fue de dos esquejes por espacio, haciendo un total de 1,560 por el área de plantación, se realizó en el mes de octubre (época lluviosa), cuatro meses posteriores a la plantación (febrero), se realizó un corte de uniformización a una altura de 30 cm sobre la superficie del suelo, con la finalidad de tener un crecimiento uniforme de las plantas y realizar la división de tres parcelas que correspondieron a los tres tiempos de corte (cuatro, ocho y 12 semanas) para la evaluación de las características de productividad, aporte nutricional y digestibilidad, como se observa en la Figura 4 (Anexo 3, 4, 5 y 6).

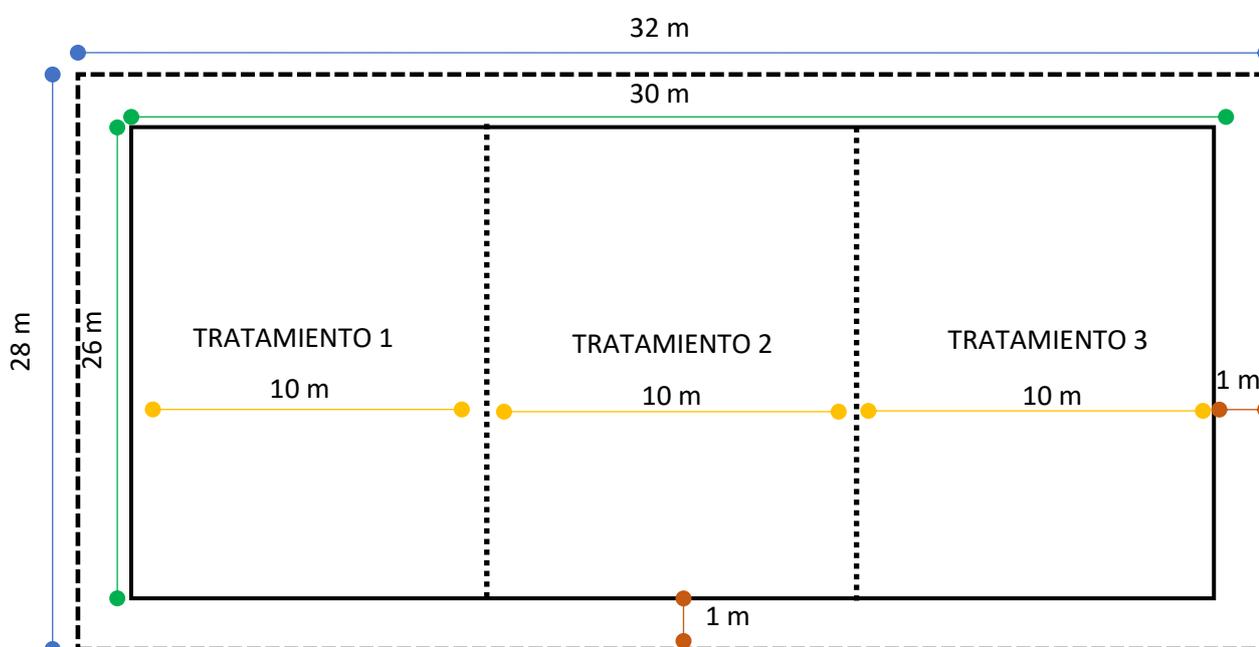


Figura 4. Distribución de parcela para los tratamientos

## **b. Adaptación de los cuyes**

En primer lugar, se llevó a cabo la desinfección de la Sala de Investigación en Bioenergética en cuyes (SIBEC), para la cual se utilizó una mochila fumigadora y un desinfectante de nombre comercial excuart-50 de principio activo amonio cuaternario al 50 %, luego se usó el lanzallamas para tener un ambiente libre de microorganismos; así mismo, se acondiciono el ambiente con arpillaras, calefactores y se llevó el control de temperatura (18 °C a 21 °C) y humedad con el termohigrómetro. Por último, los cuyes fueron trasladados a las nuevas instalaciones (jaulas metabólicas) y condiciones ambientales para ser sometidos a un periodo pre experimental que tuvo una duración de siete días, en el cual se realizó la adaptación de los cuyes a la alimentación con el pasto Guatemala (Anexo 8).

### **5.3.2. PERIODO EXPERIMENTAL**

#### **a. Evaluación de las características productivas del pasto Guatemala**

Las características productivas evaluadas fueron: rendimiento de materia verde (RMV) y rendimiento de materia seca (RMS), para lo cual se establecieron tres tratamientos, cada uno con seis repeticiones (Tabla 5).

El corte se realizó a una altura de 30 cm sobre la superficie del suelo realizando un solo corte por cada parcela en el tiempo establecido como tratamiento.

**Rendimiento de materia verde (RMV).** Se realizó el pesaje de la biomasa cosechada por metro cuadrado (m<sup>2</sup>) de cada parcela (tratamiento) al momento de corte. El corte se realizó al azar a 30 cm de altura sobre el suelo. Los datos fueron expresados en kg/ha (Anexo 7).

Al finalizar, las muestras obtenidas fueron trasladadas al laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos de la escuela profesional de Zootecnia-UNSAAC, para la determinación de materia seca.

**Rendimiento materia seca (RMS).** Se obtuvo a partir de la multiplicación de la cantidad de kilogramos producidos en materia verde por el porcentaje de materia seca. Los resultados fueron expresados en kg/ha.

## b. Aporte nutricional del pasto Guatemala

Para el aporte nutricional se hizo uso del espectrómetro infrarrojo cercano (NIRS) y se realizaron los análisis de materia seca y materia orgánica, para lo cual se establecieron tres tratamientos, cada uno con tres repeticiones (Tabla 5).

**Tabla 5. Tratamientos de las características productivas y aporte nutricional**

Tratamientos	Descripción	Repeticiones de las evaluaciones	
		Características productivas	Aporte nutricional
T1	Tiempo de corte a cuatro semanas	6	3
T2	Tiempo de corte a ocho semanas	6	3
T3	Tiempo de corte a doce semanas	6	3

Las muestras fueron obtenidas una vez realizada la cosecha de los tratamientos, se pesó en una balanza digital la cantidad de 3 kg de muestra para su respectivo análisis, posteriormente estas muestras fueron almacenadas en bolsas de polietileno para su traslado al laboratorio, finalmente fueron secadas a 60°C por 48 horas y molidas en un molino ciclónico, para determinar la materia seca (MS) y materia orgánica (MO).

**Análisis de materia seca (MS).** Para ello se realizó el secado de las muestras a 105 °C en la estufa de circulación de aire forzado durante tres horas en bandejas de aluminio, de acuerdo al método NFTA 2.1.4 (2006); luego dichas muestras fueron pesadas en una balanza analítica (Anexo 10). Finalmente, la MS fue determinada por diferencia utilizando el porcentaje de humedad obtenida, como se muestra en la siguiente formula:

$$\text{MATERIA SECA (MS) \%} = 100 - \% \text{ de humedad}$$

**Análisis de materia orgánica (MO).** La materia orgánica se determinó por la diferencia entre la MS y la ceniza encontrada en las muestras sometidas en una mufla a 600 °C durante dos horas, luego las muestras calcinadas fueron pesadas en una

balanza analítica, de acuerdo al método AOAC 942.05, (2005). Los valores obtenidos se expresaron en porcentaje (Anexo 10).

### c. Evaluación de la digestibilidad

Para la evaluación de digestibilidad se hizo uso de dos factores, el primero es el momento de corte considerando los tres momentos (cuatro, ocho y doce semanas) y el segundo factor es la edad del animal: destetados (tres a cuatro semanas) y adultos (diez - doce semanas). A partir de ello se generaron los siguientes tratamientos:

**Tabla 6. Detalles de los tratamientos con los dos factores evaluados**

Tratamientos	Descripción	Edad de cuy	Repeticiones
T1	Tiempo de corte a cuatro semanas	Destetados	10
T2	Tiempo de corte a cuatro semanas	Adultos	10
T3	Tiempo de corte a ocho semanas	Destetados	10
T4	Tiempo de corte a ocho semanas	Adultos	10
T5	Tiempo de corte a doce semanas	Destetados	10
T6	Tiempo de corte a doce semanas	Adultos	10

**Suministro de alimento:** El alimento fue suministrado durante siete días de forma *ad-libitum* de manera individual en horarios 7.30 am, 12.00 pm y 5.00 pm; previamente a ello fue oreado, picado (tamaño promedio de 10 cm) y pesado (Anexo 9).

El alimento residual fue colectado en horarios de 12.00 pm, 5.00 pm y 7.30 am del día siguiente; así mismo, este fue limpiado, pesado, codificado en bolsas de papel con su respectivo tratamiento, repetición, fecha, día, hora y peso de residuo, para ser trasladados al laboratorio y realizar el secado a 60 °C en la estufa de circulación de aire forzado con la finalidad de ser almacenados.

El suministro de alimento y la colección de alimento residual fueron registrados de forma diaria.

**Colección de heces:** Se realizó de forma diaria antes del suministro del alimento del día siguiente, en horario de 6.00 am a 7.00 am. Para ello se emplearon recolectores

de heces acondicionados a las jaulas metabólicas, las heces contenidas en ellas se recogieron en recipientes codificados por tratamiento (Anexo 9), luego se realizó la limpieza de las heces, pesado, almacenado en bolsas de papel con su respectiva codificación (tratamiento, repetición, fecha, día y peso de heces), estas fueron trasladadas al laboratorio para ser secados a 60 °C por 48 horas, luego ser molidas en el molino de cuchilla, por último se analizó la materia seca con el método NFTA 2.1.4 (2006) y materia orgánica con el método AOAC 942.05, (2005).

Los parámetros evaluados en la digestibilidad son:

**Consumo del alimento diario:** Se consideró la cantidad de alimento dado para cada unidad experimental (cuyes), así mismo el residuo del alimento y se hizo uso de la siguiente formula:

$$\text{CONSUMO DIARIO (CD)} = \text{Alimento suministrado} - \text{Alimento residual}$$

**Coefficiente de digestibilidad.** - Se utilizó la siguiente ecuación propuesta por Crampton y Harris (1974)

$$\text{COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD (CD)\%} = \frac{\text{NI(g)} - \text{NH(g)}}{\text{NI (g)}} * 100$$

Dónde:

**NI = Nutriente ingerido**

**NH = Nutriente en heces**

Todos los valores antes mencionados fueron expresando en base seca.

## 5.4. VARIABLES EVALUADAS

### 5.4.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

- Tiempo de corte (cuatro, ocho y doce semanas)
- Edad de cuy (destetado de tres-cuatro semanas, adulto de diez-doce semanas)

### 5.4.2. VARIABLES DEPENDIENTES

- Producción de Materia verde
- Rendimiento de Materia seca

- Porcentaje de materia seca
- Porcentaje de materia orgánica
- Porcentaje de digestibilidad de MS
- Porcentaje de digestibilidad de MO

## 5.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos generados en esta investigación se evaluaron mediante pruebas de normalidad de Shapiro Wilks, y las pruebas de homogeneidad de varianza se evaluaron mediante la prueba de Levene y Bartlett, usando el programa RStudio.

Para el análisis de varianza de características productivas y aporte nutricional, se utilizó el diseño experimental completamente al azar (DCA) con tres tratamientos (T1: Tiempo de corte a las cuatro semanas, T2: Tiempo de corte a las ocho semanas, T3: Tiempo de corte a las doce semanas), se consideraron tres repeticiones para la evaluación de aporte nutricional y seis repeticiones para las características productivas, haciendo un total de nueve y 18 unidades experimentales. El modelo aditivo lineal utilizado fue la siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}.$$

Donde:

**Y<sub>ij</sub>** = Variable respuesta

**u** = Media general

**T<sub>i</sub>** = Efecto de tratamientos

**e<sub>ij</sub>** = Efecto de error experimental

Para los datos de digestibilidad obtenidos se utilizó el diseño experimental completamente al azar (DCA), con arreglo factorial 3 x 2. Los factores evaluados correspondieron al tiempo de corte del pasto Guatemala (cuatro, ocho y doce semanas) y a la edad del cuy (destetados y adultos), de las cuales se obtuvo seis tratamientos con 10 repeticiones cada uno, cuyo modelo matemático fue la siguiente:

$$Y_{ij} = u + A + B + (A*B)_{ij} + e_{ij}$$

Donde:

**Y<sub>ij</sub>** = Variable respuesta

**u** = Media

**A** = Primer factor: edad de corte

**B** = Segundo factor: edad del cuy

**(A\*B)ij** = Interacción entre factores entre edad de corte por edad de cuy

**eij** = Residual

La comparación de medias para todos los análisis de varianza, se realizó aplicando la prueba de Tukey con 5 % de error, este método se basa en emplear el cuadrado medio del error y comparar las parejas posibles de medias. Si el resultado es mayor a  $\omega$  se puede asumir que las medias son diferentes, si ocurre lo contrario se admite la similitud entre las medias (Reyes, 2014).

La fórmula es:

$$\omega = q\alpha(k, v) \sqrt{\frac{CME}{ng}}$$

Donde:

k = Número de tratamientos o niveles

v = Grados de libertad asociados al CME, con v = N - k

ng = Número de observaciones en cada uno de los k niveles (lo que implica un diseño balanceado)

$\alpha$  = Nivel de significancia

$q\alpha(k, v)$  = Valor de tablas de Tukey (rangos estudentizados de Tukey)

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. RENDIMIENTO DE MATERIA VERDE Y MATERIA SECA DEL PASTO GUATEMALA

En los resultados obtenidos para rendimiento de materia verde (RMV) y materia seca (RMS) se observaron diferencias estadísticas entre tiempos de corte; siendo mayor para el corte a las doce semanas frente a los otros tiempos de corte ( $p < 0.05$ ), en los cuales no se aprecia diferencias entre sí ( $p > 0.05$ ), como se observa en la Tabla 7.

**Tabla 7. Rendimiento de materia verde (RMV) y materia seca (RMS) a tres tiempos de corte del pasto Guatemala**

Componente kg/ha	Tiempo de corte			Valor P
	4 semanas	8 semanas	12 semanas	
RMV	29,358 ± 4,645 <sup>b</sup>	68,277 ± 36,782 <sup>b</sup>	124,867 ± 38,889 <sup>a</sup>	0.001
RMS	4,298 ± 680 <sup>b</sup>	10,180 ± 5,484 <sup>b</sup>	26,004 ± 899 <sup>a</sup>	0.001

**Leyenda:** RMV: Rendimiento de materia verde. RMS: Rendimiento de materia seca. <sup>a,b</sup>: medias con letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).

\*% Materia Seca: cuatro semanas (13.04 %), ocho semanas (13.67 %) y doce semanas (18.12 %)

Para el RMV a las ocho semanas, se obtuvo 68,277 kg/ha (68.28 TM/ha) y para las doce semanas 124,867 kg/ha (124.87 TM/ha); estos resultados fueron mayores a los obtenidos por Rupay *et al.* (2023), quienes obtuvieron como resultado un RMV de 40.38 TM/ha a los 45 días y a los 70 días 72.37 TM/ha. Así mismo, fue mayor a los resultados obtenidos por Mérida (2013), quien encontró una respuesta productiva de 31.4 TM/ha a los 60 días y 80.2 TM/ha a los 90 días en el pasto Maralfalfa.

Para el RMS, en el presente estudio se obtuvo 4,298 kg/ha, 10,180 kg/ha y 26,004 kg/ha a las cuatro, ocho y doce semanas de tiempo de corte respectivamente; estos resultados son mayores a lo reportado por Polo (2021) y Rupay *et al.* (2023). Polo (2021), obtuvo 2,148 kg/ha y 4,581 kg/ha a los 45 y 60 días respectivamente y Rupay *et al.* (2023), obtuvieron 6.81 TM/ha a los 45 días de corte y 17.03 TM/ha a los 70 días de corte; del mismo modo fueron mayores a lo obtenido por Jaime *et al.* (2019), quien

al evaluar el pasto Elefante Morado cosecharon un RMS de 5.76 TM/ha a los 49 días y 18.53 TM/ha a los 70 días; mientras, Anduaem y Hundessa (2022) reportaron un RMS similar al presente estudio con 26.2 TM/ha a los 180 días de cosecha.

Las diferencias encontradas en la comparación del presente estudio frente a los demás pueden estar atribuidas al tipo de suelo, factores climáticos, época de trabajo, manejo del cultivo (densidad de siembra, fertilización, etc.), especie y frecuencias o intervalo de corte, como fue para Mérida (2013) quien usó fertilización del cultivo en dos momentos (plantación y 21 días después) y el corte para el RMV realizó a 10 cm sobre el suelo; así mismo para Polo (2021), quien aplicó abono orgánico en dosis de 3, 6 y 9 TM/ha y el corte lo realizó a 25 cm sobre el suelo y Rupay *et al.* (2023) quienes trabajaron en dos épocas (lluviosa y seca), su corte para la evaluación realizó a 5 cm sobre el suelo y en este estudio presente no se tuvo una fertilización, el trabajo fue en época lluviosa, el cultivo se hizo a una altitud promedio de 1,200 m.s.n.m., el corte para el RMV a una altura de 30 cm sobre el suelo y con estas condiciones se obtuvo mejores resultados frente a los demás estudios.

Además, las diferencias observadas pueden atribuirse al desarrollo del forraje (formación y elongación de hojas y desarrollo de tallo), número de macollos, intervalos de corte, contenido de humedad del forraje, la cual disminuye y se incrementa el contenido de MS influenciada por la edad, temperatura y radiación solar (Turano *et al.*, 2016; Anduaem y Hundessa, 2022).

## **6.2. APOORTE NUTRICIONAL DEL PASTO GUATEMALA A TRES TIEMPOS DE CORTE**

Para el contenido de MO se obtuvieron diferencias estadísticas significativas en los tres tiempos de corte ( $p < 0.05$ ). Siendo superior a las doce semanas con 89.86 % (Tabla 8). Estos valores son similares a 89.87 % y 88.74 % (30 días y 45 días

respectivamente), obtenido por Cruz (2017), así mismo a Boschini y Vargas (2018), quienes reportaron 88.07 % de MO en planta entera; superior a lo reportado por Vargas (2009), quien encontró 86.58 % de MO; sin embargo, Reyna (2018) obtuvo mayores contenidos de MO con 94.75 % a los 40 días, 93.65 % a los 60 días y 93.62 % a los 80 días de corte. Los resultados de MO obtenidos en los autores antes mencionados, disminuyen conforme avanza la edad del pasto; sin embargo, en el presente estudio este componente se incrementa, esta diferencia está relacionada al contenido de ceniza, donde a mayor contenido de ceniza, menor contenido de MO, del mismo modo que a menor contenido de ceniza, mayor contenido de MO, que para este estudio se obtuvo 12.02 %, 11.11 % y 10.14 % de ceniza para cuatro, ocho y doce semanas de tiempo de corte respectivamente.

En cuanto a proteína (PC), se observó diferencias estadísticas significativas para las cuatro semanas con respecto a las ocho y doce semanas de tiempo de corte ( $p < 0.05$ ), más no se observó esta diferencia entre las ocho y doce semanas ( $p > 0.05$ ), mostrando una similitud en el contenido de PC (Tabla 8). Se obtuvo 13.82 % de PC a las cuatro semanas, 9.54 % para las ocho semanas y 10.10 % para las doce semanas, resultando superior a lo obtenido por Mtengeti *et al.* (2006), quienes reportaron una PC que oscilaba de 6.8 a 7.8 % en ensilado de pasto fresco y 7.3 a 7.8 % en ensilado con el pasto presecado; similar a Reyna (2018), quien obtuvo un mayor contenido de PC a los 40 días (13.95 %) y menor a los 80 días de corte (9.59 %); por otro lado, Boschini y Vargas (2018) determinaron una PC de 10.24 % a 15.83 % en hoja, 6.28 a 11.01 % en tallo y 8.88 % a 13.75 % en planta entera; sin embargo, fue menor frente a Cruz (2017), quien obtuvo una PC de 16.22 % a los 30 días y 20.19 % a los 45 días. Bondi (1989) y Cruz (2017) indican que las diferencias en cuanto al contenido de nutrientes en los forrajes están relacionadas al estado de madurez; también al

contenido nutritivo del suelo, así mismo a la fertilización que se realiza, como fue para el estudio realizado por Boschini y Vargas (2018), quienes usaron diferentes niveles de fertilización y obtuvieron diferentes contenidos de PC en hojas, tallos y planta entera; además, Vargas (2009) indica que el contenido de PC mayor en las hojas se atribuye a que es la parte estructural menos fibrosa, del mismo modo que Reyna (2018) indica que las plantas conforme avanza la edad, disminuye el contenido de PC, al cual se le puede atribuir el resultado obtenido.

En el contenido de fibra cruda (FC), se observaron diferencias estadísticas significativas para los tres tiempos de cortes ( $p < 0.05$ ); siendo mayor el último corte con 46.31 % (Tabla 8). Los resultados del presente estudio fueron mayores a lo reportado por Reyna (2018), quien encontró un contenido de FC de 23.02 %, 25.58 % y 27.19 % a los 40, 60 y 80 días respectivamente; así mismo que Cruz (2017), a los 45 días, obtuvo 41.02 % de FC. Conforme avanza el estado de madurez del forraje, aumenta el contenido de FC; este efecto se observa en los resultados obtenidos, además que por un proceso de transformación a la etapa de madurez se incrementa el contenido de pared celular y disminuye el contenido de PC, de manera que influye en la digestibilidad de los demás componentes (Cheeke, 1995).

Los valores de aporte nutricional de pasto Guatemala a tres tiempos de corte se presentan en la Tabla 8.

**Tabla 8. Aporte nutricional del pasto Guatemala a cuatro, ocho y doce semanas de corte (Base seca).**

Componentes (%)	Tiempo de corte			Valor p
	4 semanas	8 semanas	12 semanas	
Humedad	4.95 ± 0.00 <sup>b</sup>	5.68 ± 0.00 <sup>a</sup>	4.92 ± 0.20 <sup>b</sup>	0.001
Materia seca	95.05 ± 0.00 <sup>a</sup>	94.32 ± 0.00 <sup>b</sup>	95.09 ± 0.20 <sup>a</sup>	0.001
Ceniza	12.02 ± 0.00 <sup>a</sup>	11.11 ± 0.00 <sup>b</sup>	10.14 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.001
Materia orgánica	87.98 ± 0.00 <sup>c</sup>	88.89 ± 0.00 <sup>b</sup>	89.86 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.001
Proteína	13.82 ± 0.28 <sup>a</sup>	9.54 ± 0.37 <sup>b</sup>	10.10 ± 0.29 <sup>b</sup>	0.001
Grasa	1.38 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.22 ± 0.01 <sup>b</sup>	1.17 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.001
Fibra cruda	42.07 ± 0.10 <sup>c</sup>	43.70 ± 0.17 <sup>b</sup>	46.31 ± 0.55 <sup>a</sup>	0.001
Fibra Detergente Neutro	78.77 ± 0.11 <sup>a</sup>	74.46 ± 0.11 <sup>b</sup>	75.60 ± 0.90 <sup>b</sup>	0.001
Fibra Detergente Ácida	50.92 ± 0.10 <sup>a</sup>	47.89 ± 0.09 <sup>c</sup>	49.08 ± 0.74 <sup>b</sup>	0.001
Calcio	0.47 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.40 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.39 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.001
Fósforo	0.39 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.29 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.28 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.001

**Leyenda:** <sup>a,b</sup>: Medias con letras diferentes en la misma fila muestran diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).

### 6.3. CONSUMO DE MATERIA SECA Y MATERIA ORGÁNICA POR TIEMPO DE CORTE Y EDAD DE CUY

Para el consumo de materia seca (MS) y materia orgánica (MO) hubo efecto del tiempo de corte, edad del animal y la interacción de las mismas ( $p < 0.05$ ), obteniéndose un mayor consumo a las doce semanas de corte para cuyes adultos, frente a los otros tratamientos (Tabla 9).

Los valores obtenidos para el consumo de MS son superiores a los de Malagón (2013), quien obtuvo un mayor consumo de 34 g por cuy/día con 30 % de inclusión de forraje (pasto Guatemala y maní forrajero) más un 70 % de alimento balanceado, así mismo a Rojas *et al.* (2020), donde obtuvieron un consumo de MS de 34.65 g/día, al alimentar cuyes de 60 días con pasto Guatemala, además usaron otros pastos tropicales como Maralfalfa, Elefante y Gramalote, donde el consumo fue de 37.78 g, 38.28 g y 37.90 g respectivamente, del igual manera a Valverde *et al.* (2021), quienes reportaron un consumo de 40.30 g y 24.21 g por día al alimentar cuyes con pasto Maralfalfa y Elefante. Puelles (2019) obtuvo un consumo similar de MS de 43.65 g

con rastrojo de maíz. Las diferencias de los valores mencionados pueden deberse a la especie forrajera y tiempo de corte, especie y edad del animal (Vargas, 2009).

A mayor tiempo de corte existe un menor contenido nutricional, lo que hace que el animal a fin de poder cubrir sus requerimientos de mantenimiento y producción opta por un mayor consumo del alimento, en cuanto a la edad del animal se observa un mayor consumo en los adultos, esto es más por la capacidad digestiva de los mismos y por los requerimientos nutricionales que necesita, al cual se atribuyen las diferencias observadas de consumo de MS y MO (McDonald *et al.*, 2017; Andualem y Hundessa, 2022).

Los resultados de consumo de MS y MO en tres tiempos de corte del pasto Guatemala, edad de animal e interacción se observan en la Tabla 9.

**Tabla 9. Consumo de materia seca (MS) y materia orgánica (MO) por tiempo de corte del pasto Guatemala y por edad del animal**

Componentes	Tiempo de corte (A)			Valor p	Edad de animal (B)		Valor p	Valor p A X B
	4 semanas	8 semanas	12 semanas		Destetado	Adulto		
Consumo de MS g	44.69 ± 3.79 <sup>b</sup>	42.86 ± 4.43 <sup>b</sup>	50.54 ± 4.09 <sup>a</sup>	0.001	42.68 ± 3.88 <sup>b</sup>	49.38 ± 4.31 <sup>a</sup>	0.001	0.043
Consumo de MS/PV (%)	6.39 ± 0.51 <sup>c</sup>	7.08 ± 0.69 <sup>b</sup>	7.60 ± 0.63 <sup>a</sup>	0.001	8.21 ± 0.69 <sup>a</sup>	5.83 ± 0.53 <sup>b</sup>	0.001	0.001
MS en heces g	19.96 ± 2.65 <sup>ab</sup>	18.93 ± 3.85 <sup>b</sup>	22.24 ± 3.05 <sup>a</sup>	0.013	19.85 ± 2.90 <sup>a</sup>	20.89 ± 3.46 <sup>a</sup>	0.235	0.739
Consumo de MO g	39.18 ± 3.33 <sup>b</sup>	38.42 ± 3.96 <sup>b</sup>	45.72 ± 3.70 <sup>a</sup>	0.001	38.10 ± 3.46 <sup>b</sup>	44.11 ± 3.86 <sup>a</sup>	0.001	0.037
Consumo de MO/PV (%)	5.61 ± 0.45 <sup>c</sup>	6.34 ± 0.62 <sup>b</sup>	6.88 ± 0.57 <sup>a</sup>	0.001	7.34 ± 0.62 <sup>a</sup>	5.20 ± 0.47 <sup>b</sup>	0.001	0.001
MO en heces g	17.00 ± 2.24 <sup>b</sup>	16.69 ± 3.43 <sup>b</sup>	19.84 ± 2.68 <sup>a</sup>	0.003	17.42 ± 2.54 <sup>a</sup>	18.27 ± 3.02 <sup>a</sup>	0.272	0.818

**Leyenda:** MS: Materia Seca. MO: Materia Orgánica. PV: Peso Vivo. <sup>a, b</sup>: Medias con letras diferentes en la misma fila muestran diferencias estadísticas significativas (p<0.05). \*\*A X B: Interacción entre el factor A (tiempo de corte) y el factor B (edad del animal).

#### 6.4. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD DE MATERIA SECA Y MATERIA ORGÁNICA EN FUNCIÓN AL TIEMPO DEL CORTE DEL PASTO GUATEMALA

En los resultados obtenidos para la digestibilidad de MS y MO no existen diferencias estadísticas entre tiempos de corte ( $p > 0.05$ ); es decir, la digestibilidad de ambos componentes en las tres edades de corte es similares, lo que demuestra que el cuy aprovecha de la misma manera un pasto cortado a las cuatro, ocho y doce semanas (Tabla 10).

**Tabla 10. Digestibilidad de materia seca (MS) y materia orgánica (MO) del pasto Guatemala en función al tiempo de corte**

Coeficiente de Digestibilidad	Tiempo de corte			Valor p
	4 semanas	8 semanas	12 semanas	
Digestibilidad de MS (%)	55.74 ± 3.78 <sup>a</sup>	56.38 ± 5.93 <sup>a</sup>	56.03 ± 4.20 <sup>a</sup>	0.886
Fracción digerida de MS (g)	24.74 ± 2.08 <sup>b</sup>	23.94 ± 2.08 <sup>b</sup>	28.31 ± 2.42 <sup>a</sup>	0.001
Digestibilidad de MO	56.97 ± 3.63 <sup>a</sup>	57.08 ± 5.98 <sup>a</sup>	56.60 ± 4.12 <sup>a</sup>	0.939
Fracción digerida de MO (g)	22.18 ± 1.86 <sup>b</sup>	21.73 ± 1.92 <sup>b</sup>	25.88 ± 2.25 <sup>a</sup>	0.001

**Leyenda:** \*MS: Materia Seca. \*MO: Materia Orgánica. <sup>a,b</sup>: Medias con letras diferentes en la misma fila muestran diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).

Los valores para la digestibilidad de MS en el presente estudio fueron de 55.74 %, 56.38 % y 56.03 % en las cuatro, ocho y doce semanas respectivamente, mientras Reyna (2018) encontró 51.48 %, 56.82 % y 62.13 % a los 40, 60 y 80 días de corte respectivamente, mostrando mayor digestibilidad en la última edad de corte; considerando los resultados obtenidos, la digestibilidad fue mayor para las cuatro semanas, similar para las ocho semanas y menor a las doce semanas de tiempo de corte; las diferencias en ambos reportes pueden estar atribuidas a las condiciones de estudio y demás factores que pueden influir en la digestibilidad como la composición nutricional del forraje.

Laredo (1969), en su estudio de digestibilidad del pasto Guatemala en ovejas, obtuvo valores de MS de 53.77 % a las ocho semanas, 49.49 % a las nueve semanas y 51.83 % a las 10 semanas, los cuales resultan ser menores a lo reportado en el presente estudio; por otro lado Paz (2012), reportó una digestibilidad mayor con 72.48 % del pasto Maralfalfa a un corte de 75 días en cuyes; así como también Castro y Chirinos

(2021), obtuvieron una digestibilidad del maíz de 57.38 % en cuyes; las diferencias de los resultados antes mencionados se pueden atribuir a la especie forrajera, al tiempo de corte o cosecha y a la composición nutricional del mismo.

Para la digestibilidad de MO del pasto Guatemala, los resultados del presente estudio son similares a lo encontrado por Bressani *et al.* (1958), siendo 56.00 %, pero diferentes a lo reportado por Castro y Chirinos (2021), quienes reportaron una digestibilidad menor con 54.04 % en maíz.

### 6.5. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD DE MATERIA SECA Y MATERIA ORGÁNICA EN FUNCIÓN A LA EDAD DEL CUY

En cuanto a los resultados obtenidos para la digestibilidad de MS y MO por edad del cuy si se observaron diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ), siendo mayor en cuyes adultos (Tabla 11). Si bien es cierto, la edad de los animales influye en la digestibilidad de los nutrientes, el cual aumenta conforme aumenta la edad del animal, debido a que en los adultos el desarrollo del tracto gastrointestinal es completo y se tiene mayor eficiencia enzimática, el cual permite un mejor aprovechamiento del forraje (Campos, 2007).

**Tabla 11. Coeficiente de digestibilidad de materia seca (MS) y materia orgánica (MO) en función a la edad del animal**

Coeficiente de Digestibilidad	Edad de cuy		Valor p
	Destetado	Adulto	
Digestibilidad de MS (%)	53.96 ± 4.01 <sup>b</sup>	58.14 ± 5.25 <sup>a</sup>	0.003
Fracción digerida de MS (g)	22.83 ± 1.80 <sup>b</sup>	28.49 ± 2.59 <sup>a</sup>	0.001
Digestibilidad de MO (%)	54.76 ± 3.97 <sup>b</sup>	59.00 ± 5.18 <sup>a</sup>	0.002
Fracción digerida de MO (g)	20.68 ± 1.64 <sup>b</sup>	25.84 ± 2.37 <sup>a</sup>	0.001

**Leyenda:** \*MS: Materia Seca. \*MO: Materia Orgánica. <sup>a,b</sup>: Medias con letras diferentes en la misma fila muestran diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).

## **6.6. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD DE MATERIA SECA Y MATERIA ORGÁNICA EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CORTE DEL PASTO GUATEMALA Y A LA EDAD DEL CUY**

En cuanto a la interacción del tiempo de corte del pasto Guatemala sobre la edad del animal no se observaron diferencias estadísticas significativas para la digestibilidad de MS y MO ( $p > 0.05$ ); es decir que no hay interacción entre ambos factores, por lo que el pasto Guatemala tanto a la edad de cuatro, ocho a doce semanas de tiempo de corte es aprovechado de la misma manera en destetados y adultos (Tabla 12).

En un estudio similar al presente estudio, realizado por Reyna (2018), no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas en cuanto a la interacción de sus dos factores, genética del cuy (criollos y mejorados) y edad de corte del pasto Guatemala (40, 60 y 80 días de corte), por lo que concluyo que la genética no influye sobre la digestibilidad del pasto Guatemala, es decir que los cuyes aprovecharon de la misma forma los pastos de los diferentes cortes.

Los resultados del coeficiente de digestibilidad de MS y MO en los tres tiempos de corte del pasto Guatemala y edad de animal e interacción se observan en la Tabla 12.

**Tabla 12. Interacción de los factores: tiempo de corte por edad de cuy en digestibilidad de materia seca (MS) y materia orgánica (MO)**

Coeficiente de Digestibilidad	Tiempo de corte (A)			Valor p	Edad de cuy (B)		Valor p	Valor p A X B
	4 semanas	8 semanas	12 semanas		Destetado	Adulto		
Digestibilidad de MS (%)	55.74 ± 3.78 <sup>a</sup>	56.38 ± 5.93 <sup>a</sup>	56.03 ± 4.20 <sup>a</sup>	0.886	53.96 ± 4.01 <sup>b</sup>	58.14 ± 5.25 <sup>a</sup>	0.003	0.310
Fracción digerida de MS (g)	24.74 ± 2.08 <sup>b</sup>	23.94 ± 2.08 <sup>b</sup>	28.31 ± 2.42 <sup>a</sup>	0.001	22.83 ± 1.8 <sup>b</sup>	28.49 ± 2.59 <sup>a</sup>	0.001	0.001
Digestibilidad de MO (%)	56.97 ± 3.63 <sup>a</sup>	57.08 ± 5.98 <sup>a</sup>	56.60 ± 4.12 <sup>a</sup>	0.939	54.76 ± 3.97 <sup>b</sup>	59.00 ± 5.18 <sup>a</sup>	0.002	0.301
Fracción digerida de MO (g)	22.18 ± 1.86 <sup>b</sup>	21.73 ± 1.92 <sup>b</sup>	25.88 ± 2.25 <sup>a</sup>	0.001	20.68 ± 1.64 <sup>b</sup>	25.84 ± 2.37 <sup>a</sup>	0.001	0.001

**Leyenda:** \*MS: Materia Seca. \*MO: Materia Orgánica. <sup>a,b</sup>: Medias con letras diferentes en la misma fila muestran diferencias estadísticas significativas (p<0.05).

## CONCLUSIONES

- El pasto Guatemala presenta un mayor rendimiento de materia verde (124,867 kg/ha) y materia seca (26,004 kg/ha) a las doce semanas, observándose un incremento de acuerdo a tiempo de cosecha.
- El aporte nutricional del pasto Guatemala en cuanto a proteína fue mayor a las cuatro semanas con 13.82 %, el cual se observó que disminuye a mayor tiempo de corte, aumenta el contenido de fibra cruda y el contenido de materia orgánica.
- La digestibilidad de la MS y MO fue similar en el pasto Guatemala para los tres tiempos de cortes, mientras que fue mayor en cuyes adultos.

## RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones se plantea las siguientes recomendaciones:

- En caso de efectuar la alimentación mixta en cuyes, se recomienda suministrar el pasto Guatemala con edad de corte a las doce semanas ya que esta tiene un contenido de proteína de 10.10 %, más con el alimento balanceado, se estaría cubriendo las necesidades nutritivas de esta especie.
- Evaluar la respuesta productiva y contenido nutricional en diferentes tiempos de corte haciendo uso de abono orgánico, con la finalidad de mejorar estas características.
- Estimar el rendimiento de materia verde (RMV), rendimiento de materia seca (RMS) y el contenido nutricional en épocas de estiaje y lluviosa con tiempos de corte mayores a doce semanas, ya que es posible que existan variaciones debido a este factor.
- Investigar la digestibilidad del pasto Guatemala con mayores tiempos de corte a doce semanas con la finalidad de poder observar en qué tiempo de corte afecta la digestibilidad y poder realizar un mejor uso de este forraje.
- Evaluar la digestibilidad del pasto Guatemala en otras especies animales, por ser un forraje de alto rendimiento productivo y tener un adecuado valor nutritivo.
- Estimar la digestibilidad del pasto Guatemala en diferentes presentaciones, ejemplo harina y pellet, con la finalidad de aprovechar toda la estructura del forraje.
- Evaluar los parámetros productivos y la rentabilidad económica haciendo uso del pasto Guatemala en la alimentación de cuyes.

## BIBLIOGRAFÍA

- A.O.A.C. (2005). Official method of Analysis. 18th Edition, Association of Officiating Analytical Chemists. Washington DC.
- Almerco, M. A. (2019). Caracterización e identificación de las potencialidades y limitantes de la crianza de cuyes en la comunidad campesina de San Miguel de Pallanchacra-Pasco. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Cerro de Pasco.
- Anduaem, D., y Hundessa, M. (2022). Nutritive value of Guatemala grass (*Tripsacum andersonii*) harvested at three stages of maturity in Gedeo agroforestry systems, Southern Ethiopia. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 25(91). DOI: <https://doi.org/DOI>: <http://doi.org/10.56369/tsaes.3685>
- Bondi, A. A. (1989). Nutrición animal. ACRIBIA S.A. Zaragoza. España.
- Boschini, C., y Vargas, C. F. (2018). Composición nutricional del *Tripsacum laxum* fertilizado con nitrógeno, fósforo y potasio. *Agronomía Mesoamericana*. 29(1). 5-11. DOI: <https://doi.org/DOI>: <https://doi.org/10.15517/ma.v29i1.27293>
- Bressani, R., *et al.* (1958). Composición Química y digestibilidad de siete plantas forrajeras en Guatemala. Instituto de Nutrición de Centro America y Panamá INCAP. Vol. 8.
- Campos, L. J. (2007). Evaluación nutricional del frijol mucuma (*Stizolobium deeringianum*) y su uso en la alimentación de cuyes en crecimiento y engorde. Tesis para optar el título profesional de ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú
- Cardona, J. L., *et al.* (2020). Importancia de la alimentación en el sistema productivo del cuy. AGROSAVIA. Mosquera. Colombia.
- Castro, J. Y., y Chirinos, D. (1997). Nutrición y alimentación de cuyes. Universidad Nacional del Centro del Perú.

- Castro, J., y Chirinos, D. (2021). Nutritional value of some raw materials for guinea pigs (*Cavia porcellus*) feeding. *Translational Animal Science*. 5(2). DOI: <https://doi.org/10.1093/tas/txab019>
- Chauca, L. (1997). Producción de cuyes (*Cavia porcellus*). FAO. Lima. Perú.
- Chauca, L. (2013). *Crianza de cuyes (cavia porcellus) y su impacto en el desarrollo rural*. Lima: INIA.
- Cheeke, P. R. (1995). Alimentación y nutrición del conejo. ACRIBIA. Zaragoza.España.
- Chicaiza, S. E. (2014). Evaluación del balanceado con tres niveles (10 %,15 % y 20 %) heno de avena (*Avenina*) en la alimentación de los cuyes en la etapa de crecimiento y engorde en la Cuyeria Nacional Cuy Cuna. Tesis para optar el título de Médico Veterinario. Universidad Tecnica de Cotopaxi. Ecuador.
- Crampton, E. W., y Harris, L. E. (1979). Nutrición Animal Aplicada. ABRIBIA S.A. Primera edición.
- Crowder, L. V. (1960). Gramíneas y leguminosas forrajeras en Colombia. Ministerio de Agricultura de Colombia. Colombia.
- Cruz, M. A. (2017). Comportamiento agronómico y composición química de gramíneas y leguminosas del Centro Experimental la Playita. Tesis para optar el título de ingeniero Agronomo. Universidad Técnica de Cotopaxi. La Maná. Ecuador. 68 p.
- Escobar, P. A., y Urbano, J. F. (2018). Producción de cuyes: Alternativas SENA para el desarrollo del campo. Editorial SENNOVA. Primera edición. San Juan de Pasto. Colombia
- Esquerre, J., *et al.* (1974). Digestión microbiana en cuyes criollos de la altura. *Revista de producción pecuaria*. 67-76 p.
- Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social FONCODES. (2014). Crianza de cuyes. MIDIS. Lima. Perú.

- Gil, V. (2007). Importancia del cuy y su competitividad en el mercado. XX Reunión ALPA, XXX Reunion APPA-Cusco-Peru. Cusco. Perú. Vol. 15.
- Gonzalez, K. (7 de Febrero de 2018). Zootecnia y veterinaria es mi pasión. ZooVet: [https://zoovetespasion.com/conejos/cecotrofia#google\\_vignette](https://zoovetespasion.com/conejos/cecotrofia#google_vignette)
- Guamán, N. A. (2022). Efecto de la adición de diferentes dosis de vitamina C (Ácido Ascórbico) en cuyes (*Cavia porcellus*) de la raza Perú en las etapas de gestación y lactancia en el cantón Pablo Sexto. Tesis para lograr el título de ingeniero Zootecnista. Macas. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador. 100 p.
- Guarin, J. F. (29 de Octubre de 2011). Pastos y forrajes. Pasto morado guatemalteco. <http://pastosyforrajesfernandomar911.blogspot.com/2011/10/pasto-morado-guatemalteco.html>
- Gutierrez , I. N., *et al.* (2020). Fisiopatología del sistema digestivo y necesidades nutricionales del cuy (*Cavia porcellus*). Tesis para optar el título de Médico Veterinario. Popoyan. Universidad Antonio Nariño. Colombia. 78 p.
- Huarco, D. (2012). Determinación de la digestibilidad aparente de la semilla despigmentada de achiote (*Bixa orellana*) en el cuy (*Cavia porcellus*). INIA-EEA, ANTA. Tesis para optar el título de ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cusco. Perú.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI. (2012). IV Censo Nacional Agropecuario.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI. (2023). Encuesta Nacional Agropecuaria 2022. [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1912/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1912/libro.pdf)
- Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA. (febrero de 26 de 2021). Importancia de la crianza tecnificada de cuyes. Junin. <https://www.gob.pe/institucion/inia/campa%C3%B1as/3375-junin-importancia-de-la-crianza-tecnificada-de-cuyes>

- Instituto Nacional Tecnológico (INATEC). (2016). Manual del protagonista nutricional animal. Nicaragua.
- Jaime, A., *et al.* (2019). Efecto de la edad y estación sobre el rendimiento y valor nutritivo del pasto Elefante Morado (*Pennisetum purpureum x Pennisetum americanum*) en la costa central. *Scientia Agropecuaria*. 10(1). 137-141. DOI: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.01.15>
- Labrada, R., *et al.* (1996). Manejo de malezas para países en desarrollo. FAO. Italia.
- Laredo, M. A. (1969). Determinación de digestibilidad y el N.D.T. del pasto Imperial, Elefante y Guatemala en ovinos. Instituto Colombiano Agropecuario. [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/15391/25226\\_9622.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/15391/25226_9622.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- León, R., *et al.* (2018). Pastos y forrajes del Ecuador: siembra y producción de pasturas. Universidad Politécnica Salesiana. Primera edición. Quito. Ecuador.
- Malagón, M. (2013). Pasto Guatemala (*Tripsacum laxum*) con maní forrajero (*Archis pinto*) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus Linnaeus*) en la etapa de engorde en el Maná-Cotopaxi. 2013. Tesis para optar el título de ingeniero Agropecuario. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo. Ecuador. 63 p.
- Martínez, F. (5 de Febrero de 2019). Info.Pastos y Forrajes.com. Ficha técnica del pasto Guatemala. <https://infopastosyforrajes.com/pasto-de-corte/pasto-guatemala-tripsacum-laxum/>
- Maynard, L. A. (1979). Nutrición animal. Mac Graw-Hill. México. Séptima edición.
- McDonald, E., *et al.* (2017). Animal Nutrition. Harlow. Uk: Person. Seventh edition.
- McDonald, E., y Greenhalgh, M. (1999). Nutrición animal. ACRIBIA.S.A. Quinta edición.

- Mérida, J. M. (2013). Evaluación de cuatro edades de corte en el rendimiento de materia seca y contenido de Proteína cruda del cultivo de Marfalfa (*Pennisetum sp. Poales; Poaceae*) en Patulul, Suchitepéquez. Tesis para optar el título de ingeniero Agronomo. Universidad Rafael Landívar. Quetzaltenango. Guatemala. 60 p.
- Meza, G. A., *et al.* (2014). Mejora de engorde de cuyes (*Cavia porcellus L.*) a base de gramíneas y forrajes arbustivas tropicales en la zona de Quevedo. Ecuador. *Idesia*. 32(3). 75-80. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292014000300010>
- MINAGRI. (11 de Octubre de 2013). MINAGRI promueve consumo de cuy para elevar los ingresos de las familias rurales de zonas altoandinas.
- Ministerio de Agricultura y Riego MINAGRI. (2020). Manual de crianza de cuyes. Lima.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego MIDAGRI. (11 de Octubre de 2019). Más de 800 mil pequeños productores se dedican a la crianza de cuyes en el país. [gob.pe plataforma digital única del estado peruano.](https://www.gob.pe/plataforma-digital-única-del-estado-peruano) [https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/52396-mas-de-800-mil-peque-nos-productores-se-dedican-a-la-crianza-de cuy es-en-el-pais](https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/52396-mas-de-800-mil-peque-nos-productores-se-dedican-a-la-crianza-de-cuy-es-en-el-pais)
- Mirabá, C. C. (2015). Cinética de degradación y digestibilidad del forraje verde hidroponico de maíz (*Zea maíz*) en cabras criollas en Santa Elena, Ecuador. Tesis para optar el título de ingeniero Agropecuario. Universidad Estatal Península de Santa Elena La Libertad. Ecuador.
- Mora, I. (1991). Nutrición animal. Universidad Estatal a Distancia San José.
- Morrison, F. B. (1980). Alimentos y alimentación del ganado. Hispano.
- Mtengeti, E. J., *et al.* (2006). Chemical composition and fermentative quality of fodder grasses ensiled with derinded fresh sugarcane crush. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 6(3), 157-165. <https://www.redalyc.org/pdf/939/93960305.pdf>
- Municipalidad Distrital de Vilcabamba. (2023). Resolución de gerencia municipal 005-2023-G-MDV/LC.

- National Research Council NRC (1995). Nutrient Requirements of Laboratory Animals. Washington: National Academia Press. Fourth edition. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.17226/4758>
- Navarro, M. J. (2022). Bases de la producción animal. Anatomía y fisiología de animales de interés zootécnico Universidad Miguel Hernández de Elche. España. Vol. 2.
- Núñez, O. P. (2017). Los costos de la alimentación en la producción pecuaria. *Scielo*, 1-2. Obtenido de [http://www.scielo.org.bo/pdf/jsaas/v4n2/v4n2\\_a01.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/jsaas/v4n2/v4n2_a01.pdf). 93-94 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2000). Mejorando la nutrición a través de huertos y granjas familiares\_Manual de capacitación para trabajadores de campo en America Latina y el Caribe. Roma. <https://www.fao.org/3/V5290S/v5290s00.htm>
- Ortiz, P., *et al.* (2021). Caracterización de la crianza de cuyes en tres provincias de la Region Cajamarca. *Rev Inv Vet Perú*. Vol 32(2). Perú. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i2.20019>
- Panduro, W. G. (2019). Inclusión de diferentes niveles de harina de bagazo de naranja (*Citrus sinensis*) en raciones balanceadas de cuyes (*Cavia porcellus*) de la línea mejorada Perú en fases de crecimiento y acado. Tesis para optar el título de ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria de la Selva.Tingo Maria. Perú.
- Paz, A. S. (2012). Digestibilidad Aparente, Energía Digestible y Metabolizable del pasto Alemán (*Echinochloa polystachya H.B.K*), King grass (*Saccharum sinense*) y Maralfalfa (*Pennisetum sp*) en cuyes (*Cavia porcellus*) en el trópico. Tesis para optar el título profesional de ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo Maria. Perú. 83 p.
- Peters, M., *et al.* (2010). Especies forrajeras multipropósitos. Opciones para productores del trópico americano. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali. Colombia. 211 p.

- Pineda, O., y Sierra, J. C. (24 de Agosto de 2017). Engormix. El pasto Guatemala (*Tripsacum laxum*), una especie nativa que está recuperando espacios dentro del sector ganadero. [https://www.engormix.com/ganaderia/pasturas-tropicales/pasto-guatemala-tripsacum-laxum\\_a41083/](https://www.engormix.com/ganaderia/pasturas-tropicales/pasto-guatemala-tripsacum-laxum_a41083/)
- Polo, E. A. (2021). Efecto de la aplicación de abono orgánico en la producción de biomasa y calidad nutritiva de pasto Guatemala (*Tripsacum laxum*) bajo dos frecuencias de corte. Saberes APUDEP. 4(2). 18-27. DOI: [https://doi.org/https://revistas.up.ac.pa/index.php/saberes\\_apudep/article/view/2219/2054](https://doi.org/https://revistas.up.ac.pa/index.php/saberes_apudep/article/view/2219/2054)
- Pond, W. G. *et al.* (2002). Fundamentos de alimentación y nutrición de animales. Mexico. Editorial Limusa. Segunda edición.
- Portilla, A. L. (9 de Noviembre de 2017).. Particularidades del sistema digestivo de los conejos. Ateuves. <https://ateuves.es/particularidades-del-sistema-digestivo-de-los-conejos/>
- Puelles, A. (2019). Uso de complejo enzimático fibrolítico sobre la digestibilidad de rastrojos agrícolas en cuyes (*Cavia porcellus*). Tesis para optar el título profesional de ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional de San Antonio Abad de Cusco. Cusco. Perú. 81 p.
- Reyes, L. M. (7 de Mayo de 2014). Estadística, matemática y computación . Prueba de Tukey para experimentos desbalanceados. <https://reyesestadistica.blogspot.com/2014/05/prueba-de-tukey-para-experimentos.html>
- Reyna, M. (2018). Efecto de la genética del cuy (*Cavia porcellus*) y la edad de pasto Guatemala (*Tripsacum laxum*) en la digestibilidad de nutrientes. Tesis para optar el título de ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Chachapoyas. Perú. 44 p.
- Romero, C. (2008). Importancia de la cecotrofia en el conejo. Departamento de producción de animal. E.T.S.I. Agrónomos. 53-56.

- Rupay, K., *et al.* (2023). Evaluación agronómica y nutricional de pastos tropicales de corte sometidos a diferentes frecuencias de corte en Yurimaguas, Amazonia peruana. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú-Inv Vet Perú*. 34(5). DOI: <https://doi.org/10.15381/rivep.v34i5.24461>
- Sánchez, J. (2007). Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero. XI Seminario manejo y utilización de pastos y forrajes en sistema de producción animal (págs. 14-30). Universidad de Costa Rica. San Jose. Costa Rica. [http://www.avpa.ula.ve/eventos/xi\\_seminario/Conferencias/Articulo-2](http://www.avpa.ula.ve/eventos/xi_seminario/Conferencias/Articulo-2)
- Shimada, A. (2003). *Nutrición Animal*. México. Trillas.
- Shreve, B., *et al.* (2006). NFTA Method 2.1.4- Dry Matter by Oven Drying for 3 hr at 105 C.
- Skerman, P. J., y Riveros, F. (1990). *Tropical grasses*. Editorial FAO. Italia.
- Turano, B., *et al.* (2016). Growth and nutritional evaluation of napiergrass hybrids as forage for ruminants. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*. 4(3). 168-178. DOI: [https://doi.org/DOI: 10.17138/TGFT\(4\)168-178](https://doi.org/DOI: 10.17138/TGFT(4)168-178)
- Usca, E. J., *et al.* (2022). *Manejo general en la cría del cuy*. Editorial ESPOCH. Riobamba. Ecuador.
- Vallejo, A., y Zapata, F. (7 de Enero de 2020). Directorio Forestal Maderero (DFM). Pasto Guatemala- *Tripsacum laxum* Nash. <https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/pasto-guatemala-tripsacum-laxum-nash.html>
- Valverde, P. I., *et al.* (2021). Alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*) con pastos y forrajes de clima tropical en Pastaza - Ecuador bajo un sistema de crianza piramidal. *AICA*. 16. 59-66.
- Vargas, C. F. (2009). Consumo y calidad del forraje *Tripsacum laxum* de un año de edad en cabras. *Agronomía Mesoamericana*. 20(2). 391-398. <https://www.redalyc.org/pdf/437/43713059019.pdf>

Vásquez, J. A. (2010). Alimentación del ganado ovino. Instituto de ciencias y tecnología agrícolas (ICTA). Primera edición.

Vergara, V. J. (2008). Avances en nutrición y alimentación de cuyes. Programas de Investigación y Proyección Social de Alimentos. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.

Wagner, J. E., y Manning, P. J. (1976). The biology of the guinea pig. Academic Press. Londres. Inglaterra.

# ANEXOS

## Anexo 1. Línea de comandos y resultados obtenidos para el rendimiento de materia seca en kilogramos por hectárea

```
#ANALISIS DE RENDIEMIENTO DE MATERIA SECA#
setwd("D:/TESIS/ANALISIS ESTADISTICO RMV Y RMS")
DATOS<-read.csv('DATA_REND_MS_TESIS.csv', sep = ";", header = T)
#head(DATOS)
#head(DATOS)
DATOS$TRAT <- as.factor(DATOS$TRAT)
DATOS$E_CORTE <- as.factor(DATOS$E_CORTE)
str(DATOS)
library(car)
library(emmeans)
library(psych)
#
# ESTADISTICA DESCRIPTIVA
#
#generar subconjuntos por edad de corte
SEM_4<-subset(DATOS, E_CORTE == "SEM4")
SEM_8<-subset(DATOS, E_CORTE == "SEM8")
SEM_12<-subset(DATOS, E_CORTE == "SEM12")
#
#
# VER VARIABLES RESPUESTAS EN PASTOS DE DIFERENTES MOMENTOS DE CORTE
#
A1 <- SEM_4$PROD_MS_Ha
B1 <- SEM_8$PROD_MS_Ha
C1 <- SEM_12$PROD_MS_Ha
#
#DATOS DESCRIPTIVOS
#
describe(A1)
describe(B1)
describe(C1)
#
#VARIABLE RESPUESTA VR1 =
VR1<-DATOS$PROD_MS_Ha
#
#GRAFICOS DE NORMALIDAD
boxplot(VR1 ~ DATOS$E_CORTE , xlab="EDAD DE CORTE", ylab="KG MS",
main="PROD MS/HA ", col="wheat")
#
#GRAFICOS DE NORMALIDAD
#PRUEBA DE NORMALIDAD
boxplot(A1,B1,C1)
qqnorm(A1)
qqline(A1, col = "blue")
qqnorm(B1)
qqline(B1, col = "blue")
qqnorm(C1)
qqline(C1, col = "blue")
```

```

# PRUEBA DE SHAPIRO PARA GRUPOS DE DATOS
shapiro.test(A1)
shapiro.test(B1)
shapiro.test(C1)
#
#PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZA "BARTLERR, FLIGNER-KIILLEN Y
LEVENNE"
bartlett.test(VR1 ~ DATOS$TRAT)
fligner.test(VR1 ~ DATOS$TRAT)
leveneTest(VR1 ~ DATOS$TRAT,center = "median")
#
#GENERAR MODELO ADITIVO
MODELO1 <- aov(VR1 ~ E_CORTE, data = DATOS)
summary.lm(MODELO1)
#
#ANALISIS DE VARIANZA
anova(MODELO1)
#
# COMPARACION DE MEDIAS prueba de tukey
W<-TukeyHSD(MODELO1)
W
plot(TukeyHSD(MODELO1))
#
#EVALUACION DE NORMALIDAD DE RESIDUOS DEL MODELO
#
qqnorm(MODELO1$residuals)
qqline(MODELO1$residuals)
par(mfrow = c(1,2))
plot(MODELO1, which = 1:4)
#
# TEST DE NORMALIDAD DE RESIDUOS DE SHAPIRO WILKS
shapiro.test(MODELO1$residuals)
#

```

### RESULTADOS

```

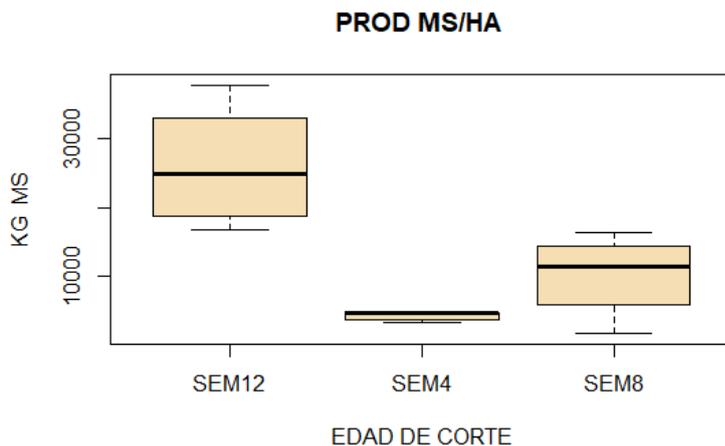
#ANALISIS DE RENDIMIENTO DE MATERIA SECA#
> setwd("D:/TESIS/ANALISIS ESTADISTICO RMV Y RMS")
> DATOS<-read.csv('DATA_REND_MS_TESIS.csv', sep = ";", header = T)
> #head(DATOS)
> #head(DATOS)
> DATOS$TRAT <- as.factor(DATOS$TRAT)
> DATOS$E_CORTE <- as.factor(DATOS$E_CORTE)
> str(DATOS)
'data.frame':  18 obs. of  6 variables:
 $ TRAT      : Factor w/ 3 levels "T1","T2","T3": 1 1 1 1 1 1 2 2 2
2 ...
 $ E_CORTE   : Factor w/ 3 levels "SEM12","SEM4",...: 2 2 2 2 2 2 3 3
3 3 ...
 $ COD       : chr  "R1" "R2" "R3" "R4" ...
 $ PROD_MV_Ha: int  25250 31850 21900 33450 31900 31800 75800 77100
11160 109650 ...
 $ PROD_MS_Ha: num  3697 4663 3206 4897 4670 ...
 $ PROD_THa  : num  3.7 4.66 3.21 4.9 4.67 ...
> library(car)
> library(emmeans)
> library(psych)

```

```

> # ESTADISTICA DESCRIPTIVA
> #
> #generar subconjuntos por edad de corte
> SEM_4<-subset(DATOS, E_CORTE == "SEM4")
> SEM_8<-subset(DATOS, E_CORTE == "SEM8")
> SEM_12<-subset(DATOS, E_CORTE == "SEM12")
> #
> # VER VARIABLES RESPUESTAS EN PASTOS DE DIFERENTES MOMENTOS DE
CORTE
> #
> A1 <- SEM_4$PROD_MS_Ha
> B1 <- SEM_8$PROD_MS_Ha
> C1 <- SEM_12$PROD_MS_Ha
> #
> #DATOS DESCRIPTIVOS
> #
> describe(A1)
  vars n    mean      sd median trimmed   mad   min   max
range skew kurtosis
X1     1 6 4298.06 680.02 4659.18 4298.06 184.49 3206.16 4897.08
1690.92 -0.61    -1.65
      se
X1 277.62
> describe(B1)
  vars n    mean      sd median trimmed   mad   min
max   range skew
X1     1 6 10180.05 5484.25 11398.69 10180.05 5913.24 1663.96
16348.82 14684.86 -0.39
      kurtosis      se
X1     -1.64 2238.93
> describe(C1)
  vars n    mean      sd median trimmed   mad   min
max   range skew
X1     1 6 26004.24 8098.78 24860.56 26004.24 10490.13 16837.5
37819.3 20981.8 0.26
      kurtosis      se
X1     -1.77 3306.31
> #VARIABLE RESPUESTA VR1 =
> VR1<-DATOS$PROD_MS_Ha
> #GRAFICOS DE NORMALIDAD
> boxplot(VR1 ~ DATOS$E_CORTE , xlab="EDAD DE CORTE", ylab="KG MS",
main="PROD MS/HA ", col="wheat")

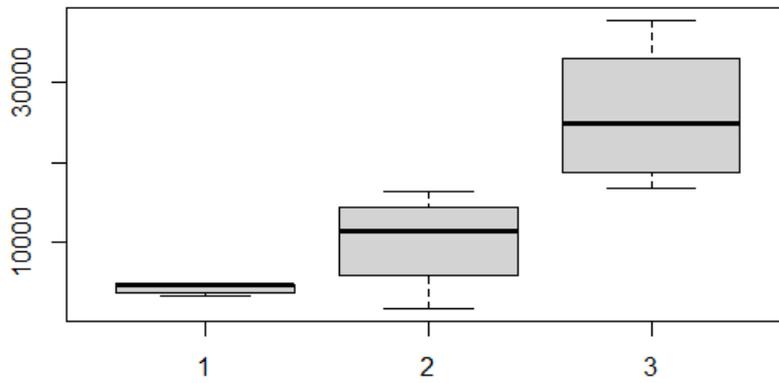
```



```

> #GRAFICOS DE NORMALIDAD
> #PRUEBA DE NORMALIDAD
> boxplot(A1,B1,C1)

```

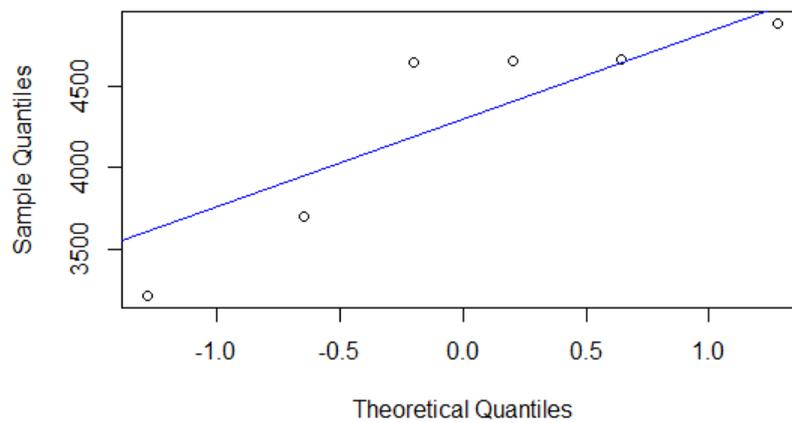


```

> qqnorm(A1)
> qqline(A1, col = "blue")

```

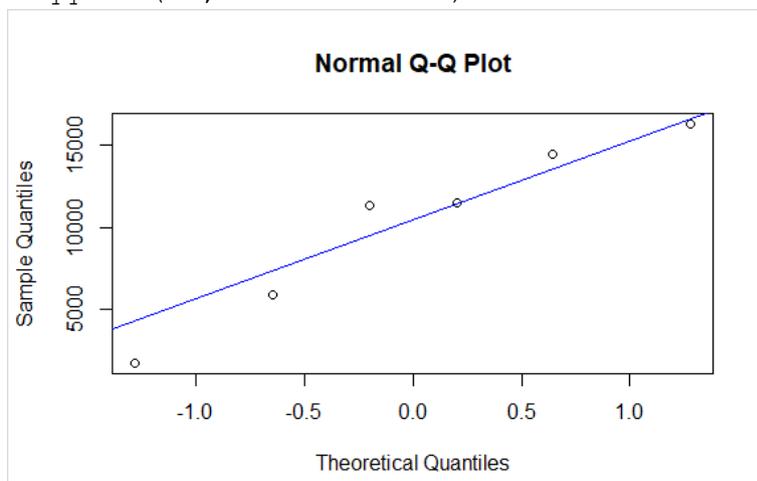
**Normal Q-Q Plot**



```

> qqnorm(B1)
> qqline(B1, col = "blue")

```

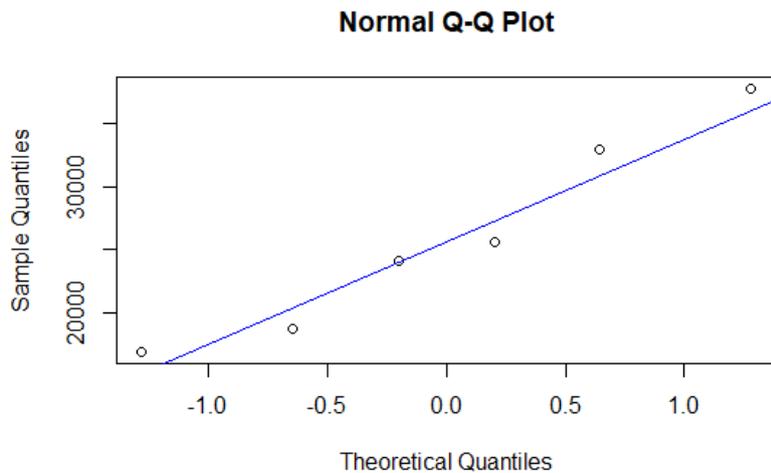


```

> qqnorm(C1)

```

```
> qqline(C1, col = "blue")
```



```
> # PRUEBA DE SHAPIRO PARA GRUPOS DE DATOS
> shapiro.test(A1)
  Shapiro-Wilk normality test
data:  A1
W = 0.80131, p-value = 0.06039

> shapiro.test(B1)

  Shapiro-Wilk normality test

data:  B1
W = 0.93656, p-value = 0.6316

> shapiro.test(C1)

  Shapiro-Wilk normality test

data:  C1
W = 0.94468, p-value = 0.6971

> #
> #PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZA "BARTLERR, FLIGNER-KILLEN Y
LEVENNE"
> bartlett.test(VR1 ~ DATOS$TRAT)

  Bartlett test of homogeneity of variances

data:  VR1 by DATOS$TRAT
Bartlett's K-squared = 16.463, df = 2, p-value = 0.0002661

> fligner.test(VR1 ~ DATOS$TRAT)

  Fligner-Killeen test of homogeneity of variances

data:  VR1 by DATOS$TRAT
Fligner-Killeen:med chi-squared = 6.2394, df = 2, p-value = 0.04417

> leveneTest(VR1 ~ DATOS$TRAT,center = "median")
```

```

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")
      Df F value Pr(>F)
group  2  4.0353 0.0396 *
      15
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> #
> #GENERAR MODELO ADITIVO
> MODELO1 <- aov(VR1 ~ E_CORTE, data = DATOS)
> summary.lm(MODELO1)

Call:
aov(formula = VR1 ~ E_CORTE, data = DATOS)

Residuals:
      Min       1Q   Median       3Q      Max
-9166.7 -1681.3   361.1  1267.1 11815.1

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    26004      2311   11.253 1.04e-08 ***
E_CORTESEM4   -21706      3268   -6.642 7.85e-06 ***
E_CORTESEM8   -15824      3268   -4.842 0.000215 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 5661 on 15 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.7588,    Adjusted R-squared:  0.7267
F-statistic:  23.6 on 2 and 15 DF,  p-value: 2.331e-05

> #ANALISIS DE VARIANZA
> anova(MODELO1)
Analysis of Variance Table

Response: VR1
      Df      Sum Sq   Mean Sq F value    Pr(>F)
E_CORTE  2 1512321500 756160750  23.598 2.331e-05 ***
Residuals 15  480648427  32043228
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> #
> # COMPARACION DE MEDIAS prueba de tukey
> W<-TukeyHSD(MODELO1)
> W
      Tukey multiple comparisons of means
      95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = VR1 ~ E_CORTE, data = DATOS)

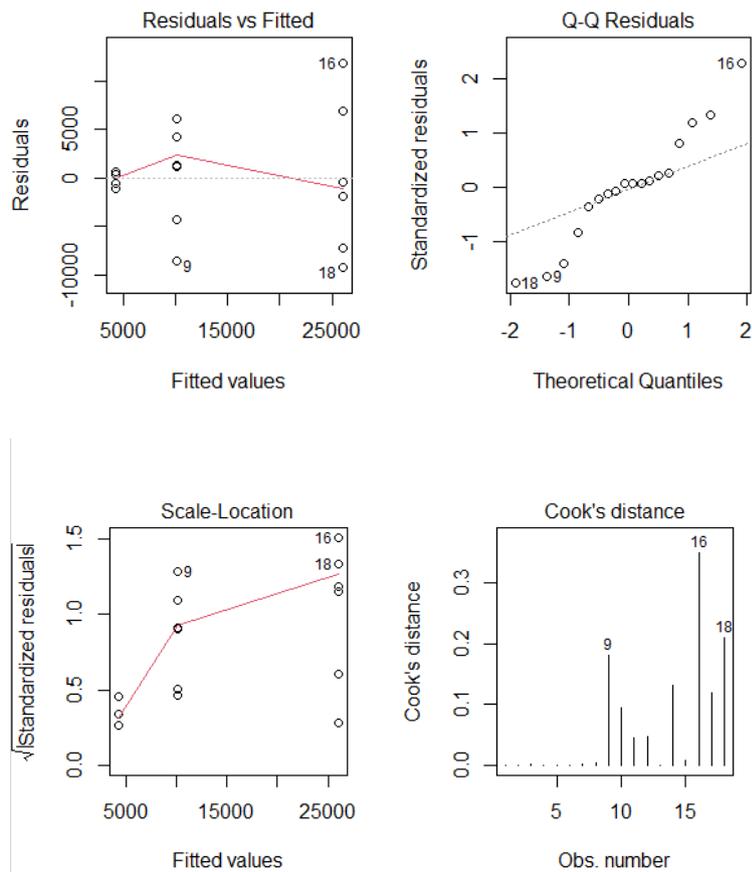
$E_CORTE
      diff      lwr      upr      p adj
SEM4-SEM12 -21706.176 -30195.207 -13217.146 0.0000222
SEM8-SEM12 -15824.185 -24313.216  -7335.155 0.0005943
SEM8-SEM4    5881.991  -2607.039  14371.021 0.2032668

```

```

> #EVALUACION DE NORMALIDAD DE RESIDUOS DEL MODELO
> qqnorm(MODELO1$residuals)
> qqline(MODELO1$residuals)
> par(mfrow = c(1,2))
> plot(MODELO1, which = 1:4)
<Enter> para ver el próximo gráfico: #
<Enter> para ver el próximo gráfico: # TEST DE NORMALIDAD DE
RESIDUOS DE SHAPIRO WILKS

```



```

> shapiro.test(MODELO1$residuals)

```

Shapiro-Wilk normality test

```

data: MODELO1$residuals
W = 0.94813, p-value = 0.3965

```

## Anexo 2. Línea de comandos y resultados obtenidos de materia orgánica

### digerida

```

#ANALISIS DE LA VARIABLE MO DIGERIDA#
setwd("D:/TESIS/ANALISIS ESTADISTICO TESIS")
DATOS<-read.csv('DATA_PROD_TESIS FIORELA_ANALY.csv', sep = ";", header = T)
#head(DATOS)
DATOS$TRAT <- as.factor(DATOS$TRAT)
DATOS$E_CORTE <- as.factor(DATOS$E_CORTE)

```

```

DATOS$E_CUY <- as.factor(DATOS$E_CUY)
DATOS$COD_ANM <- as.factor(DATOS$COD_ANM)
DATOS$PI_CUY <- as.numeric(DATOS$PI_CUY)
DATOS$PF_CUY <- as.numeric(DATOS$PF_CUY)
DATOS$VAR_PESO <- as.numeric(DATOS$VAR_PESO)
#str(DATOS)
library(car)
library(emmeans)
library(psych)
#
# ESTADISTICA DESCRIPTIVA
#
#generar subconjuntos por edad de corte
SEM_4<-subset(DATOS, E_CORTE == "SEM4")
SEM_8<-subset(DATOS, E_CORTE == "SEM8")
SEM_12<-subset(DATOS, E_CORTE == "SEM12")
#
# generar subconjuntos por categoria de cuy
E_DEST <- subset(DATOS, E_CUY == "DESTETADO")
E_ADUL <- subset(DATOS, E_CUY == "ADULTO")
#
# SUB GRUPOS DE RESULTADOS EN BASE A EDAD DE CORTE EN ANIMALES DESTETADOS
#
SEM4_DEST <- subset(E_DEST, E_CORTE == "SEM4")
SEM8_DEST <- subset(E_DEST, E_CORTE == "SEM8")
SEM12_DEST <- subset(E_DEST, E_CORTE == "SEM12")
#
# SUB GRUPOS DE RESULTADOS EN BASE A EDAD DE CORTE EN ANIMALES ADULTOS
#
SEM4_ADUL <- subset(E_ADUL, E_CORTE == "SEM4")
SEM8_ADUL <- subset(E_ADUL, E_CORTE == "SEM8")
SEM12_ADUL <- subset(E_ADUL, E_CORTE == "SEM12")
#
# VER VARIABLES RESPUESTAS EN CUYES DESTETADOS
#
A1 <- SEM4_DEST$DIG_MO
B1 <- SEM8_DEST$DIG_MO
C1 <- SEM12_DEST$DIG_MO

# VER VARIABLES RESPUESTA EN CUYES ADULTOS
#
D1 <- SEM4_ADUL$DIG_MO
E1 <- SEM8_ADUL$DIG_MO
F1 <- SEM12_ADUL$DIG_MO
#
#DATOS DESCRIPTIVOS POR EDAD DE CORTE Y EDAD DE CUY
#
describe(A1)
describe(B1)
describe(C1)
describe(D1)
describe(E1)
describe(F1)
#
#VARIABLE RESPUESTA VR1 =
VR1<-DATOS$DIG_MO
#
#GRAFICOS DE NORMALIDAD

```

```

boxplot(VR1 ~ DATOS$E_CORTE + DATOS$E_CUY, xlab="EDAD DE CORTE",
ylab="MATERIA ORGANICA DIGERIDA", main="EPS ", col="wheat")
#
#GRAFICOS DE NORMALIDAD
#PRUEBA DE NORMALIDAD
boxplot(A1,B1,C1)
boxplot(D1,E1,F1)
qqnorm(A1)
qqline(A1, col = "blue")
qqnorm(B1)
qqline(B1, col = "blue")
qqnorm(C1)
qqline(C1, col = "blue")

# PRUEBA DE SHAPIRO PARA GRUPOS DE DATOS
shapiro.test(A1)
shapiro.test(B1)
shapiro.test(C1)
shapiro.test(D1)
shapiro.test(E1)
shapiro.test(F1)
#
#PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZA "BARTLERR, FLIGNER-KIILLEN Y LEVENNE"
bartlett.test(VR1 ~ DATOS$TRAT)
fligner.test(VR1 ~ DATOS$TRAT)
leveneTest(VR1 ~ DATOS$TRAT,center = "median")
#
#GENERAR MODELO ADITIVO
MODELO1 <- aov(DIG_MO ~ E_CORTE + E_CUY + E_CORTE*E_CUY, data = DATOS)
summary.lm(MODELO1)
#
#ANALISIS DE VARIANZA
anova(MODELO1)
#
# COMPARACION DE MEDIAS prueba de tukey
W<-TukeyHSD(MODELO1)
W
#plot(TukeyHSD(MODELO1))
#
#COMPARACION DE MEDIAS funcion LSMEANS USANDO PAQUETE EMMEANS
#
# ELABORACION DE GRILLA
VR.rg = ref_grid(MODELO1)
#
VR.RG.EMM.E_CORTE = emmeans(VR.rg,"E_CORTE")
summary(VR.RG.EMM.E_CORTE)
contrast(VR.RG.EMM.E_CORTE,"pairwise")
#
VR.RG.EMM.E_CUY = emmeans(VR.rg,"E_CUY")
summary(VR.RG.EMM.E_CUY)
contrast(VR.RG.EMM.E_CUY,"pairwise")
#
library(ggplot2)
# GRAFICO DE INTERACCION
interaction.plot(x.factor = DATOS$E_CUY,
                trace.factor = DATOS$E_CORTE,
                response = VR1,
                type = "b", fixed = TRUE, legend = TRUE,

```

```

        xlab = "Edad de cuy",
        ylab = "Materia organica digerida",
        trace.label = "Momendo de corte" ,
        pch = c(1, 19), col = c("blue", "red", "black"))
#
#EVALUACION DE NORMALIDAD DE RESIDUOS DEL MODELO
#
qqnorm(MODELO1$residuals)
qqline(MODELO1$residuals)
par(mfrow = c(1,2))
plot(MODELO1, which = 1:4)
#
# TEST DE NORMALIDAD DE RESIDUOS DE SHAPIRO WILKS
shapiro.test(MODELO1$residuals)

```

## RESULTADOS

```

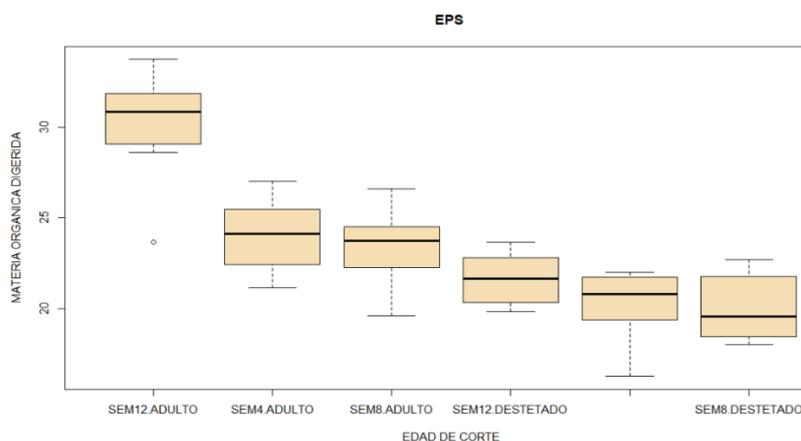
#ANALISIS DE LA VARIABLE MO DIGERIDA#
> setwd("D:/TESIS/ANALISIS ESTADISTICO TESIS")
> DATOS<-read.csv('DATA_PROD_TESIS FIORELA_ANALY.csv', sep = ";", header =
T)
> #head(DATOS)
> DATOS$TRAT <- as.factor(DATOS$TRAT)
> DATOS$E_CORTE <- as.factor(DATOS$E_CORTE)
> DATOS$E_CUY <- as.factor(DATOS$E_CUY)
> DATOS$COD_ANM <- as.factor(DATOS$COD_ANM)
> DATOS$PI_CUY <- as.numeric(DATOS$PI_CUY)
> DATOS$PF_CUY <- as.numeric(DATOS$PF_CUY)
> DATOS$VAR_PESO <- as.numeric(DATOS$VAR_PESO)
> #str(DATOS)
> library(car)
> library(emmeans)
> library(psych)
> #
> # ESTADISTICA DESCRIPTIVA
> #
> #generar subconjuntos por edad de corte
> SEM_4<-subset(DATOS, E_CORTE == "SEM4")
> SEM_8<-subset(DATOS, E_CORTE == "SEM8")
> SEM_12<-subset(DATOS, E_CORTE == "SEM12")
> #
> # generar subconjuntos por categoria de cuy
> E_DEST <- subset(DATOS, E_CUY == "DESTETADO")
> E_ADUL <- subset(DATOS, E_CUY == "ADULTO")
> #
> # SUB GRUPOS DE RESULTADOS EN BASE A EDAD DE CORTE EN ANIMALES DESTETATOS
> #
> SEM4_DEST <- subset(E_DEST, E_CORTE == "SEM4")
> SEM8_DEST <- subset(E_DEST, E_CORTE == "SEM8")
> SEM12_DEST <- subset(E_DEST, E_CORTE == "SEM12")
> #
> # SUB GRUPOS DE RESULTADOS EN BASE A EDAD DE CORTE EN ANIMALES ADULTOS
> #
> SEM4_ADUL <- subset(E_ADUL, E_CORTE == "SEM4")
> SEM8_ADUL <- subset(E_ADUL, E_CORTE == "SEM8")
> SEM12_ADUL <- subset(E_ADUL, E_CORTE == "SEM12")
> #
> # VER VARIABLES RESPUESTAS EN CUYES DESTETADOS
> #
> A1 <- SEM4_DEST$DIG_MO
> B1 <- SEM8_DEST$DIG_MO
> C1 <- SEM12_DEST$DIG_MO

```

```

>
> # VER VARIABLES RESPUESTA EN CUYES ADULTOS
> #
> D1 <- SEM4_ADUL$DIG_MO
> E1 <- SEM8_ADUL$DIG_MO
> F1 <- SEM12_ADUL$DIG_MO
> #
> #DATOS DESCRIPTIVOS POR EDAD DE CORTE Y EDAD DE CUY
> #
> describe(A1)
  vars n mean  sd median trimmed  mad  min  max range skew kurtosis
X1    1 11 20.35 1.76  20.79   20.62 1.73 16.26 21.98  5.72 -0.98   -0.07
  se
X1 0.53
> describe(B1)
  vars n mean  sd median trimmed  mad  min  max range skew kurtosis
se
X1    1 9 20.05 1.74  19.57   20.05 1.93 18.03 22.7  4.67 0.27   -1.71
0.58
> describe(C1)
  vars n mean  sd median trimmed  mad  min  max range skew kurtosis
se
X1    1 8 21.64 1.43  21.65   21.64 1.74 19.83 23.66  3.83  0   -1.77
0.5
> describe(D1)
  vars n mean  sd median trimmed  mad  min  max range skew kurtosis
se
X1    1 11  24 1.95  24.13   23.98 2.43 21.14 27.03  5.89 0.02   -1.59
0.59
> describe(E1)
  vars n mean  sd median trimmed  mad  min  max range skew kurtosis
X1    1 10 23.41 2.09  23.73   23.49 2.06 19.62 26.59  6.97 -0.23   -1.13
  se
X1 0.66
> describe(F1)
  vars n mean  sd median trimmed  mad  min  max range skew kurtosis
se
X1    1 8 30.11 3.06  30.84   30.11 2.2 23.66 33.73 10.07 -0.91   -0.21
1.08
> #
> #VARIABLE RESPUESTA VR1 =
> VR1<-DATOS$DIG_MO
> #GRAFICOS DE NÓRMALIDAD
> boxplot(VR1 ~ DATOS$E_CORTE + DATOS$E_CUY, xlab="EDAD DE CORTE",
ylab="MATERIA ORGANICA DIGERIDA", main="EPS ", col="wheat")
> #

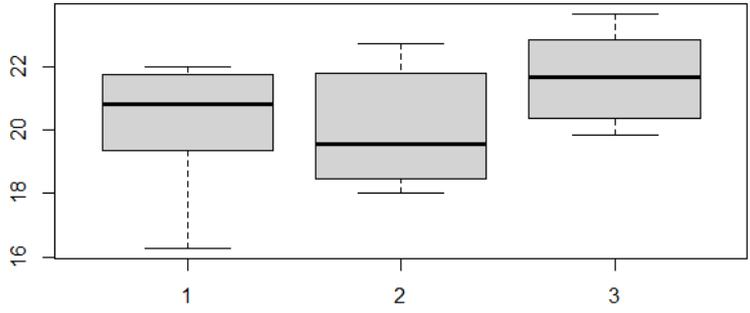
```



```

> #GRAFICOS DE NORMALIDAD
> #PRUEBA DE NORMALIDAD
> boxplot(A1,B1,C1)

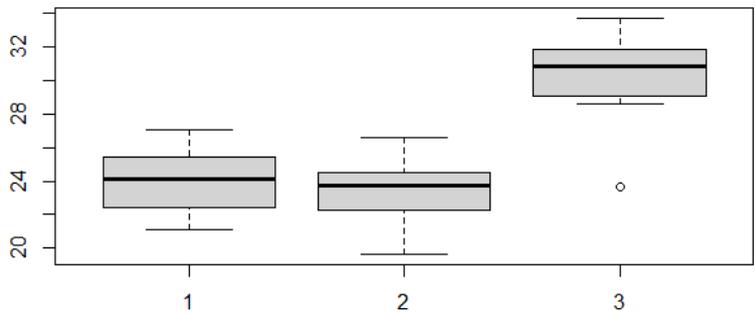
```



```

> boxplot(D1,E1,F1)

```

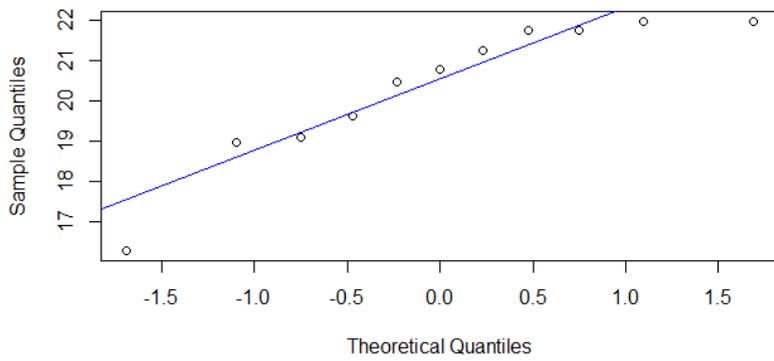


```

> qqnorm(A1)
> qqline(A1, col = "blue")

```

**Normal Q-Q Plot**

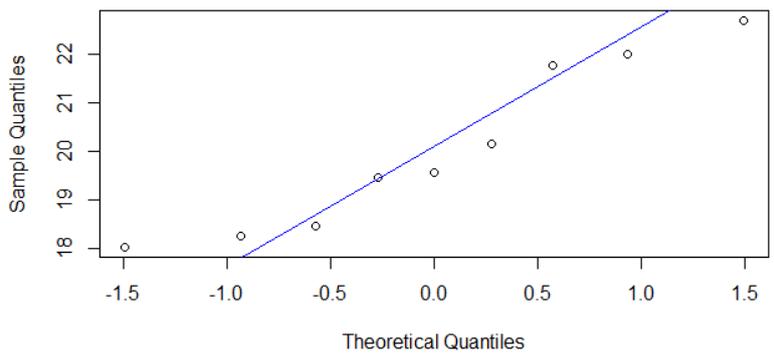


```

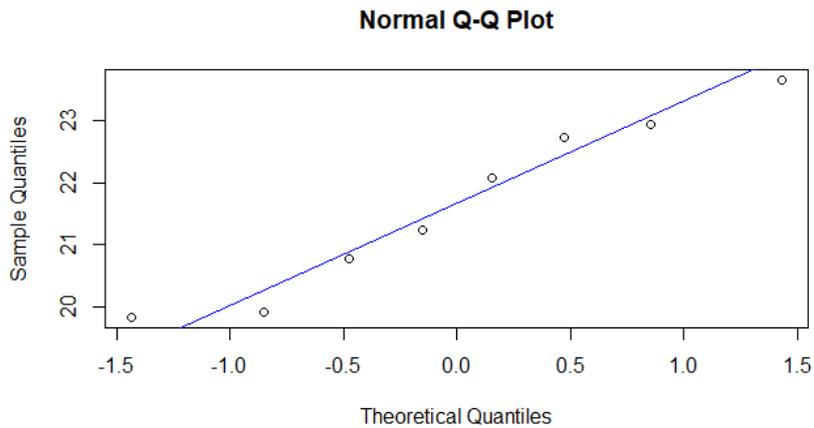
> qqnorm(B1)
> qqline(B1, col = "blue")

```

**Normal Q-Q Plot**



```
> qqnorm(C1)
> qqline(C1, col = "blue")
>
```



```
> # PRUEBA DE SHAPIRO PARA GRUPOS DE DATOS
> shapiro.test(A1)
```

Shapiro-Wilk normality test

```
data: A1
W = 0.8608, p-value = 0.05898
```

```
> shapiro.test(B1)
```

Shapiro-Wilk normality test

```
data: B1
W = 0.90754, p-value = 0.299
```

```
> shapiro.test(C1)
```

Shapiro-Wilk normality test

```
data: C1
W = 0.93885, p-value = 0.5998
```

```
> shapiro.test(D1)
```

Shapiro-Wilk normality test

```
data: D1
W = 0.95695, p-value = 0.7332
```

```
> shapiro.test(E1)
```

Shapiro-Wilk normality test

```
data: E1
W = 0.97259, p-value = 0.9137
```

```
> shapiro.test(F1)
```

Shapiro-Wilk normality test

```
data: F1
W = 0.89374, p-value = 0.2535
```

```
> #PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZA "BARTLERR, FLIGNER-KIILLEN Y LEVENNE"
> bartlett.test(VR1 ~ DATOS$TRAT)
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: VR1 by DATOS$TRAT
Bartlett's K-squared = 5.0611, df = 5, p-value = 0.4085
```

```
> fligner.test(VR1 ~ DATOS$TRAT)
```

Fligner-Killeen test of homogeneity of variances

```
data: VR1 by DATOS$TRAT
Fligner-Killeen:med chi-squared = 2.1506, df = 5, p-value = 0.8279
```

```
> leveneTest(VR1 ~ DATOS$TRAT,center = "median")
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")
```

group	Df	F value	Pr(>F)
5	51	0.4951	0.7784

```
> #
> #GENERAR MODELO ADITIVO
> MODELO1 <- aov(DIG_MO ~ E_CORTE + E_CUY + E_CORTE*E_CUY, data = DATOS)
> summary.lm(MODELO1)
```

```
Call:
aov(formula = DIG_MO ~ E_CORTE + E_CUY + E_CORTE * E_CUY, data = DATOS)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-6.4513 -1.2482  0.1282  1.3918  3.6187
```

```
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    30.1112     0.7208  41.773 < 2e-16 ***
E_CORTESEM4    -6.1094     0.9473  -6.449 4.04e-08 ***
E_CORTESEM8    -6.7013     0.9671  -6.929 7.04e-09 ***
E_CUYDESTETADO -8.4700     1.0194  -8.309 4.80e-11 ***
E_CORTESEM4:E_CUYDESTETADO  4.8164     1.3398   3.595 0.000731 ***
E_CORTESEM8:E_CUYDESTETADO  5.1111     1.3844   3.692 0.000543 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 2.039 on 51 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.7347, Adjusted R-squared:  0.7087
F-statistic: 28.25 on 5 and 51 DF, p-value: 1.348e-13
```

```
> #
> #ANALISIS DE VARIANZA
> anova(MODELO1)
Analysis of Variance Table
```

```
Response: DIG_MO
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
E_CORTE  2  173.32   86.66 20.8489 2.414e-07 ***
E_CUY    1  343.05  343.05 82.5304 3.064e-12 ***
E_CORTE:E_CUY  2   70.77   35.39  8.5131 0.0006454 ***
Residuals 51  211.99    4.16
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
> #
```

```

> # COMPARACION DE MEDIAS prueba de tukey
> W<-TukeyHSD(MODELO1)
> W
  Tukey multiple comparisons of means
    95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = DIG_MO ~ E_CORTE + E_CUY + E_CORTE * E_CUY, data =
DATOS)

$E_CORTE
      diff      lwr      upr    p adj
SEM4-SEM12 -3.7012500 -5.318315 -2.084185 0.0000033
SEM8-SEM12 -4.0573026 -5.727256 -2.387350 0.0000010
SEM8-SEM4  -0.3560526 -1.897436  1.185331 0.8430403

$E_CUY
      diff      lwr      upr p adj
DESTETADO-ADULTO -4.905757 -5.9902 -3.821315  0

$`E_CORTE:E_CUY`
      diff      lwr      upr    p adj
SEM4:ADULTO-SEM12:ADULTO -6.1094318 -8.914320 -3.3045436 0.0000006
SEM8:ADULTO-SEM12:ADULTO -6.7012500 -9.564580 -3.8379204 0.0000001
SEM12:DESTETADO-SEM12:ADULTO -8.4700000 -11.488214 -5.4517855 0.0000000
SEM4:DESTETADO-SEM12:ADULTO -9.7630682 -12.567956 -6.9581800 0.0000000
SEM8:DESTETADO-SEM12:ADULTO -10.0601389 -12.993316 -7.1269617 0.0000000
SEM8:ADULTO-SEM4:ADULTO -0.5918182 -3.229324  2.0456874 0.9850389
SEM12:DESTETADO-SEM4:ADULTO -2.3605682 -5.165456  0.4443200 0.1457845
SEM4:DESTETADO-SEM4:ADULTO -3.6536364 -6.227578 -1.0796944 0.0014173
SEM8:DESTETADO-SEM4:ADULTO -3.9507071 -6.663880 -1.2375340 0.0010011
SEM12:DESTETADO-SEM8:ADULTO -1.7687500 -4.632080  1.0945796 0.4569282
SEM4:DESTETADO-SEM8:ADULTO -3.0618182 -5.699324 -0.4243126 0.0141700
SEM8:DESTETADO-SEM8:ADULTO -3.3588889 -6.132437 -0.5853412 0.0092821
SEM4:DESTETADO-SEM12:DESTETADO -1.2930682 -4.097956  1.5118200 0.7472975
SEM8:DESTETADO-SEM12:DESTETADO -1.5901389 -4.523316  1.3430383 0.5990563
SEM8:DESTETADO-SEM4:DESTETADO -0.2970707 -3.010244  2.4161023 0.9994947

> #plot(TukeyHSD(MODELO1))
> #
> #COMPARACION DE MEDIAS funcion LSMEANS USANDO PAQUETE EMMEANS
> #
> # ELABORACION DE GRILLA
> VR.rg = ref_grid(MODELO1)
> #
> VR.RG.EMM.E_CORTE = emmeans(VR.rg,"E_CORTE")
NOTE: Results may be misleading due to involvement in interactions
> summary(VR.RG.EMM.E_CORTE)
  E_CORTE emmean    SE df lower.CL upper.CL
SEM12     25.9 0.510 51     24.9     26.9
SEM4      22.2 0.435 51     21.3     23.0
SEM8      21.7 0.468 51     20.8     22.7

Results are averaged over the levels of: E_CUY
Confidence level used: 0.95
> contrast(VR.RG.EMM.E_CORTE,"pairwise")
  contrast      estimate    SE df t.ratio p.value
SEM12 - SEM4      3.701 0.670 51     5.525 <.0001
SEM12 - SEM8      4.146 0.692 51     5.989 <.0001
SEM4 - SEM8       0.444 0.639 51     0.696 0.7672

Results are averaged over the levels of: E_CUY
P value adjustment: tukey method for comparing a family of 3 estimates

```

```

> #
> VR.RG.EMM.E_CUY = emmeans(VR.rg,"E_CUY")
NOTE: Results may be misleading due to involvement in interactions
> summary(VR.RG.EMM.E_CUY)
  E_CUY      emmean      SE df lower.CL upper.CL
ADULTO      25.8 0.382 51      25.1      26.6
DESTETADO   20.7 0.389 51      19.9      21.5

```

Results are averaged over the levels of: E\_CORTE  
Confidence level used: 0.95

```

> contrast(VR.RG.EMM.E_CUY,"pairwise")
  contrast      estimate      SE df t.ratio p.value
ADULTO - DESTETADO      5.16 0.545 51      9.471 <.0001

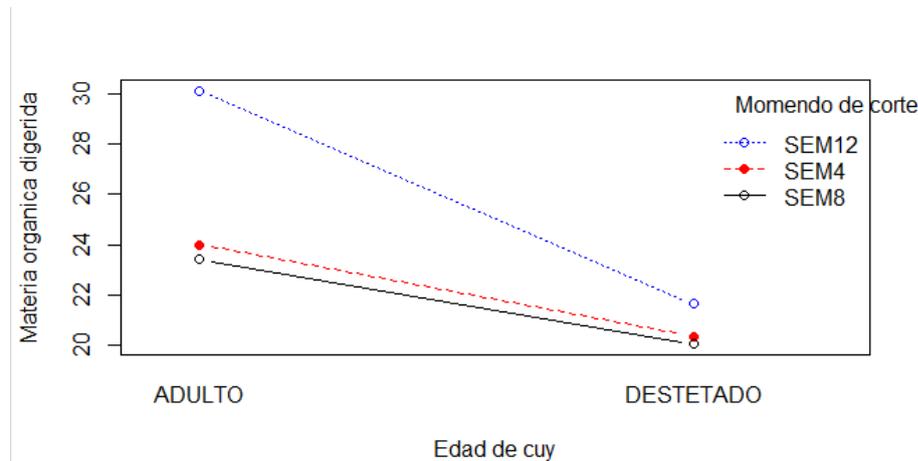
```

Results are averaged over the levels of: E\_CORTE

```

> #
> library(ggplot2)
> # GRAFICO DE INTERACCION
> interaction.plot(x.factor = DATOS$E_CUY,
+                 trace.factor = DATOS$E_CORTE,
+                 response = VR1,
+                 type = "b", fixed = TRUE, legend = TRUE,
+                 xlab = "Edad de cuy",
+                 ylab = "Materia organica digerida",
+                 trace.label = "Momendo de corte" ,
+                 pch = c(1, 19), col = c("blue", "red", "black"))
> #

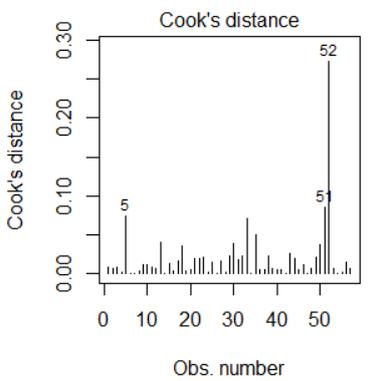
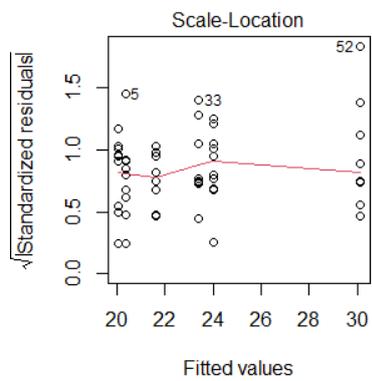
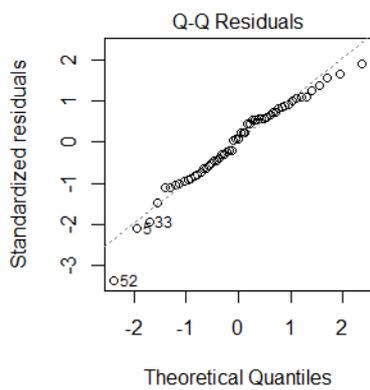
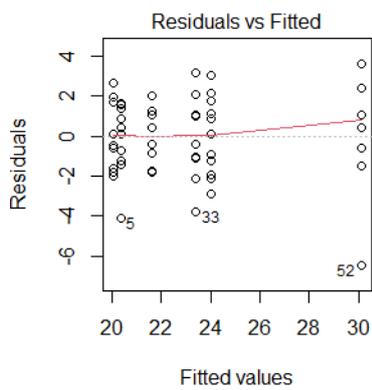
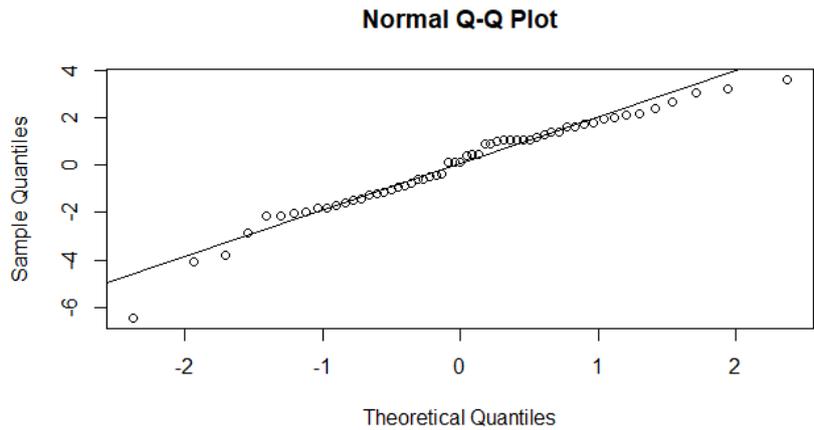
```



```

> #EVALUACION DE NORMALIDAD DE RESIDUOS DEL MODELO
> #
> qqnorm(MODELO1$residuals)
> qqline(MODELO1$residuals)
> par(mfrow = c(1,2))
> plot(MODELO1, which = 1:4)
<Enter> para ver el próximo gráfico: #
<Enter> para ver el próximo gráfico: #

```



TEST DE NORMALIDAD DE RESIDUOS DE SHAPIRO WILKS  
 > shapiro.test(MODELO1\$residuals)

Shapiro-Wilk normality test

data: MODELO1\$residuals  
 W = 0.96489, p-value = 0.09668

### Anexo 3. Preparación del terreno



### Anexo 4. Plantación del pasto Guatemala



### Anexo 5. Corte de uniformización



### Anexo 6. División de parcelas



**Anexo 7. Colección de muestras para rendimiento, aporte nutricional y prueba de digestibilidad**



**Anexo 8. Acondicionamiento de jaulas metabólicas**



**Anexo 9. Colección de muestras para la determinación del coeficiente de digestibilidad**



**Anexo 10. Análisis en laboratorio de materia seca y materia orgánica**

