

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

**FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA**



**TESIS**

**VALORACIÓN NUTRICIONAL Y DIGESTIBILIDAD DE CEBADA  
FORRAJERA (*Hordeum Vulgare* L.) EN DIFERENTES ESTADOS  
FENOLÓGICOS EN LA ALIMENTACIÓN DE CUYES (*Cavia porcellus*)**

**PRESENTADO POR:**

Br. GABRIELA ADRIANA NAVARRO PUENTE  
DE LA VEGA

Br. ELIZBET NATALIA HUAYLLA MERMA

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

**ASESORES:**

Ph.D. JUAN ELMER MOSCOSO MUÑOZ

M.Sc. LIZ BEATRIZ CHINO VELASQUEZ

**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 DE CEBADA FORRAJERA  
(Hordeum Vulgare L.) EN DIFERENTES ESTADOS FENOLÓGICOS EN  
LA ALIMENTACIÓN DE CUYES (Cavia Porcellus)

presentado por: Gabriela Adriana Navarro Ponte de la Vega con DNI Nro.: 76641987..... presentado

por: Elizbet Natalia Huaylla Merma con DNI Nro.: 77385591..... para optar el

título profesional/grado académico de Ingeniero Zootecnista

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 2%.

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, 18 de Marzo de 2025

Firma

Post firma Juan Elmer Moscoso Muñoz

Nro. de DNI 23940692

ORCID del Asesor 0000 - 0001 - 5884 - 9718

2° asesor ORCID : 0000 - 0002 - 6322 - 7371 DNI: 71732710

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:440424404 ✓

# GABRIELA NAVARRO

## TESIS CEBADA GABRIELA - ELIZBET FINAL (1).docx

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

---

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:440424404

Fecha de entrega

18 mar 2025, 10:02 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

18 mar 2025, 12:56 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

TESIS CEBADA GABRIELA - ELIZBET FINAL (1).docx

Tamaño de archivo

16.0 MB

157 Páginas

39.729 Palabras

207.620 Caracteres

# 2% Overall Similarity

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

## Filtered from the Report

- ▶ Bibliography
- ▶ Quoted Text
- ▶ Cited Text
- ▶ Small Matches (less than 10 words)

## Exclusions

- ▶ 322 Excluded Matches

---

## Top Sources

- 2%  Internet sources
- 1%  Publications
- 1%  Submitted works (Student Papers)

---

## Integrity Flags

### 1 Integrity Flag for Review

-  **Replaced Characters**  
451 suspect characters on 60 pages  
Letters are swapped with similar characters from another alphabet.

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

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

## DEDICATORIA

A mi madre, Miriam Puente de la Vega Granda, quien ha sido mi guía, acompañándome en cada paso de este largo proceso, por ser mi mayor apoyo, fortaleza y enseñarme el valor de perseverancia y esfuerzo. Este logro es para ti, en reconocimiento a todo lo que has hecho por mí, gracias por tu amor y sacrificio.

A mi padre, Luis Adrián Navarro Astorga, por su orientación, enseñanzas y esfuerzo. Gracias por tu apoyo, consejos y enseñarme que nunca hay que rendirse y que los sacrificios valen la pena. Te dedico este trabajo con cariño y gratitud.

A mi hermana, Criseira Navarro Puente de la Vega, quien ha sido mi compañera y mejor amiga, gracias por tu alegría y motivación.

A Johannes Giovanni Guillen Orue, quien con amor siempre estuvo a mi lado en esta larga travesía, gracias por tu apoyo incondicional, comprensión, motivación constante y cada momento compartido.

Y a toda mi familia, este logro es muestra de la confianza que tienen en mí.

**Gabriela Adriana Navarro  
Puente de la Vega**

A mis padres, por su amor incondicional y apoyo constante, que me han guiado en cada paso de este camino.

A mis hermanos, quienes han sido mi mayor fortaleza, por ser mis cómplices en la aventura de la vida.

A mis hermanos que ya no están, su recuerdo es un abrazo que me acompaña cada día.

Y a esa persona especial, por su amor, comprensión y aliento que me han impulsado a seguir adelante.

**Elizbet Natalia Huaylla Merma**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por guiarnos y brindarnos la fortaleza necesaria para llevar a cabo este proyecto.

A nuestros asesores, Ing. Zoot. Juan Elmer Moscoso Muñoz, Ph.D., e Ing. Zoot. Liz Beatriz Chino Velasquez, M.Sc., por su tiempo, paciencia y los valiosos conocimientos compartidos, que nos han orientado en cada etapa de este trabajo.

Un agradecimiento especial al Ing. Zoot. Gonzalo Wladimir Gonzales Aparicio, Ph.D., por su invaluable orientación y apoyo a lo largo del proceso.

También queremos reconocer 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.

Finalmente, agradecemos a nuestros amigos y compañeros, en especial a Johannes Giovanni Guillen Orue y Atilio Monge Zuñiga por su constante apoyo y motivación.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE GENERAL .....	iv
GLOSARIO DE TÉRMINOS .....	xii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT .....	xv
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
2.1.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
2.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
<b>2.2. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>III. HIPÓTESIS .....</b>	<b>5</b>
<b>3.1. HIPÓTESIS GENERAL .....</b>	<b>5</b>
<b>3.2. HIPÓTESIS ESTADÍSTICA .....</b>	<b>5</b>
<b>IV. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
<b>4.1. ANTECEDENTES .....</b>	<b>6</b>
<b>4.2. BASES TEÓRICAS.....</b>	<b>11</b>
4.2.1. CRIANZA DE CUYES EN EL PERÚ .....	11
4.2.2. ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DIGESTIVA DEL CUY.....	12
a) Cavidad oral.....	13
b) Faringe y esófago .....	13
c) Estómago.....	13
d) Intestino delgado .....	14
e) Intestino grueso .....	14
4.2.3. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES .....	15
a) Proteína .....	16
b) Energía .....	17
c) Fibra .....	17
d) Vitaminas y minerales.....	17
e) Lípidos .....	18
f) Agua .....	19
4.2.4. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DE LA CEBADA .....	20
4.2.5. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA CEBADA .....	21

4.2.6.	CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LA CEBADA.....	21
a)	Raíz .....	21
b)	Tallo.....	22
c)	Hojas .....	22
d)	Inflorescencia.....	22
e)	Fruto o semilla .....	23
4.2.7.	REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS PARA LA CEBADA ...	23
a)	Clima .....	23
f)	Suelos.....	23
g)	Temperatura .....	23
h)	Humedad .....	24
4.2.8.	LABORES CULTURALES EN EL CULTIVO DE CEBADA .....	24
a)	Preparación del terreno .....	24
b)	Siembra .....	24
c)	Fertilización.....	25
d)	Manejo de malezas.....	25
e)	Riego .....	25
4.2.9.	CICLO FENOLÓGICO DEL CULTIVO DE CEBADA.....	25
a)	Germinación y emergencia .....	26
b)	Premacollaje.....	26
c)	Macollamiento.....	26
d)	Encañado.....	27
e)	Embuche.....	27
f)	Antesis, emergencia de la cabeza o floración.....	27
g)	Espigado.....	27
h)	Grano lechoso .....	27
i)	Grano pastoso .....	28
j)	Madurez fisiológica .....	28
4.2.10.	COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA CEBADA .....	28
4.2.11.	FACTORES QUE AFECTAN LA DIGESTIBILIDAD .....	30
4.2.12.	MÉTODOS PARA DETERMINAR LA DIGESTIBILIDAD .....	31
4.2.13.	PRUEBAS DE DIGESTIBILIDAD .....	32
4.2.14.	TIPOS DE DIGESTIBILIDAD .....	33
a)	Digestibilidad aparente .....	33
b)	Digestibilidad real o verdadera .....	33

<b>4.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES</b> .....	33
4.3.1. CUY.....	33
4.3.2. CEBADA.....	33
4.3.3. RENDIMIENTO .....	34
4.3.4. DIGESTIBILIDAD .....	34
<b>V. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	35
<b>5.1. LOCALIZACIÓN Y ÁMBITO DE ESTUDIO</b> .....	35
5.1.1. UBICACIÓN DEL CULTIVO .....	35
5.1.2. UBICACIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL .....	36
<b>5.2. MATERIALES Y EQUIPOS</b> .....	36
5.2.1. MATERIAL BIOLÓGICO .....	36
5.2.2. MATERIAL VEGETAL .....	36
5.2.3. MATERIALES DE LABORATORIO .....	36
5.2.4. EQUIPOS DE LABORATORIO .....	36
5.2.5. MATERIALES DE CAMPO .....	37
<b>5.3. METODOLOGÍA</b> .....	37
5.3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	37
5.3.2. TRATAMIENTOS .....	38
a) Composición química del heno de cebada .....	38
b) Rendimiento agronómico.....	38
c) Digestibilidad .....	38
5.3.3. PERIODO PRE EXPERIMENTAL .....	39
a) Preparación del terreno y siembra.....	39
b) Acondicionamiento de las instalaciones .....	40
c) Fase de adaptación de los cuyes .....	40
5.3.4. PERIODO EXPERIMENTAL .....	40
a) Cosecha y conservación en heno.....	40
b) Evaluación agronómica .....	41
c) Evaluación de la composición química .....	41
d) Evaluación de la digestibilidad.....	42
5.3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	43
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> .....	46
<b>6.1. RENDIMIENTO DE MATERIA FRESCA Y SECA A TRES TIEMPOS DE CORTE (45, 60 Y 75 DÍAS)</b> .....	46

6.2.	COMPOSICIÓN QUÍMICO NUTRICIONAL DE LA CEBADA A TRES TIEMPOS DE CORTE (45, 60 Y 75 DÍAS) BASE SECA.....	48
6.3.	CONSUMO DE MATERIA SECA (CMS) Y MATERIA ORGÁNICA (CMO) CON RELACIÓN AL TIEMPO DE CORTE Y EDAD DE ANIMAL .....	51
6.4.	COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD APARENTE DE MATERIA SECA Y MATERIA ORGÁNICA DE HENO DE CEBADA A LOS 45, 60 Y 75 DÍAS DE CORTE .....	55
6.5.	COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD APARENTE DE MATERIA SECA Y MATERIA ORGÁNICA DE HENO DE CEBADA EN RELACIÓN A LA EDAD DEL CUY (CRECIMIENTO Y ADULTOS) .....	56
6.6.	COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD APARENTE DE MATERIA SECA (MS) Y MATERIA ORGÁNICA (MO) DE HENO DE CEBADA EN RELACIÓN A LA INTERACCIÓN ENTRE EL TIEMPO DE CORTE Y LA EDAD DEL ANIMAL .....	58
VII.	CONCLUSIONES .....	61
VIII.	RECOMENDACIONES .....	62
IX.	BIBLIOGRAFÍA .....	63
X.	ANEXOS .....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Requerimientos nutricionales del cuy.....	20
<b>Tabla 2.</b>	Clasificación taxonómica de la cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> L.) .....	21
<b>Tabla 3.</b>	Fases fenológicas del cultivo de cebada.....	26
<b>Tabla 4.</b>	Composición nutricional de la cebada según sus estados fenológicos	29
<b>Tabla 5.</b>	Distribución de tratamientos y la relación de factor tiempo de corte y edad de cuy.....	39
<b>Tabla 6.</b>	Rendimiento de materia seca y fresca a tres tiempos de cosecha (45, 60 y 75 días).....	46
<b>Tabla 7.</b>	Composición nutricional de cebada en base seca (%) a los 45, 60 y 75 días.....	49
<b>Tabla 8.</b>	Consumo de materia seca (MS) y materia orgánica (MO) en relación al tiempo de corte de cebada (45, 60 y 75 días) y edad de cuy (crecimiento y adultos) .....	54
<b>Tabla 9.</b>	Coeficiente de digestibilidad de materia seca (MS) y materia orgánica (MO) en cebada a los 45, 60 y 75 días.....	55
<b>Tabla 10.</b>	Coeficientes de digestibilidad aparente de materia seca y materia orgánica en relación a la edad del cuy .....	57
<b>Tabla 11.</b>	Efecto del tiempo de corte de cebada (45, 60 y 75 días) sobre la digestibilidad aparente de materia seca y orgánica en la edad de cuyes (crecimiento y adultos).....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Actividad cecotrofica.....	15
<b>Figura 2.</b>	Etapas fenológicas del ciclo del cultivo .....	28
<b>Figura 3.</b>	Ubicación del cultivo.....	35
<b>Figura 4.</b>	Preparacion del terreno y siembra de la cebada forrajera .....	139
<b>Figura 5.</b>	Instalaciones, distribución, jaulas metabólicas y control de peso previo a la fase experimental .....	139
<b>Figura 6.</b>	Sala de Investigación en Bioenergética en cuyes (SIBEc) .....	139
<b>Figura 7.</b>	Rendimiento de materia fresca y materia seca seca de la cebada..	140
<b>Figura 8.</b>	Crecimiento y conservación en heno de la cebada forrajera .....	140
<b>Figura 9.</b>	Análisis de la composición químico nutricional de la cebada forrajera en el Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de alimentos ..	140
<b>Figura 10.</b>	Determinación se materia seca y orgánica en el Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de alimentos .....	141
<b>Figura 11.</b>	Evaluación de la Digestibilidad.....	141

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b>	Línea de comandos y resultados obtenidos para el rendimiento de materia seca en kilogramos por hectárea .....	80
<b>Anexo 2.</b>	Línea de comandos y resultados obtenidos para el rendimiento de materia fresca en kilogramos por hectárea .....	83
<b>Anexo 3.</b>	Línea de comandos y resultados obtenidos para la composición nutricional de cebada en base seca (%) a los 45, 60 y 75 días – Proteína Cruda .....	86
<b>Anexo 4.</b>	Línea de comandos y resultados obtenidos para la composición nutricional de cebada en base seca (%) a los 45, 60 y 75 días – Extracto Etéreo.....	90
<b>Anexo 5.</b>	Línea de comandos y resultados obtenidos para la composición nutricional de cebada en base seca (%) a los 45, 60 y 75 días – Fibra Cruda.....	94
<b>Anexo 6.</b>	Línea de comandos y resultados obtenidos para la composición nutricional de cebada en base seca (%) a los 45, 60 y 75 días – Fibra detergente neutro .....	97
<b>Anexo 7.</b>	Línea de comandos y resultados obtenidos para la composición nutricional de cebada en base seca (%) a los 45, 60 y 75 días – Fibra detergente acida.....	101
<b>Anexo 8.</b>	Línea de comandos y resultados obtenidos para la composición nutricional de cebada en base seca (%) a los 45, 60 y 75 días – Ceniza .....	104
<b>Anexo 9.</b>	Línea de comandos y resultados obtenidos para la composición nutricional de cebada en base seca (%) a los 45, 60 y 75 días – Materia orgánica.....	108
<b>Anexo 10.</b>	Línea de comandos y resultados obtenidos para la composición nutricional de cebada en base seca (%) a los 45, 60 y 75 días – Calcio .....	112
<b>Anexo 11.</b>	Línea de comandos y resultados obtenidos para la composición nutricional de cebada en base seca (%) a los 45, 60 y 75 días – Fósforo .....	115

<b>Anexo 12.</b> Línea de comandos y resultados obtenidos para el consumo de materia seca .....	118
<b>Anexo 13.</b> Línea de comandos y resultados obtenidos para el consumo de materia orgánica .....	123
<b>Anexo 14.</b> Línea de comandos y resultados obtenidos para el coeficiente de digestibilidad de materia seca en heno de cebada a los 45, 60 y 75 días en cuyes en etapa de crecimiento y adultos .....	128
<b>Anexo 15.</b> Línea de comandos y resultados obtenidos para el coeficiente de digestibilidad de materia orgánica en heno de cebada a los 45, 60 y 75 días en cuyes en etapa de crecimiento y adultos .....	133

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**AOAC:** Association of Official Analytical Chemists

**C:** Corte a diferentes edades

**CAD:** Consumo de alimento diario

**CD:** Coeficiente de Digestibilidad

**DA:** Digestibilidad Aparente

**DBA:** Diseño en bloques completamente al azar

**DCA:** Diseño Completamente al Azar

**DDA:** Días después de la siembra

**E:** Edad de cuyes

**EE:** Extracto etéreo

**ELN:** Extracto libre de nitrógeno

**EB:** Energía bruta

**EMB:** Embuche o Espigazón

**FAO:** Food and Agriculture Organization of the United Nations

**FDA:** Fibra Detergente Acida

**FDN:** Fibra Detergente Neutra

**FEDNA:** Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal

**IAF:** Índice de área foliar

**IL:** Intercepción luminosa

**INIA:** Instituto Nacional de Innovación Agraria

**MAS:** Grano masoso

**MF:** Materia fresca

**MFI:** Madurez fisiológica

**MO:** Materia Orgánica

**MS:** Materia Seca

**NFTA:** National Forage Testing Association

**NIRS:** Near Infrared Spectroscopy

**PV:** Peso Vivo

**RMS:** Rendimiento de Materia Seca

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

**VP:** Variación de peso

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar el rendimiento productivo y valor nutricional de la cebada forrajera (*Hordeum vulgare* L.) a diferentes tiempos de corte (45, 60 y 75 días) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*). La investigación se realizó en el Centro Agronómico K'ayra de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), utilizando 42 cuyes machos de la línea Perú con un peso promedio de  $580,33 \pm 48,68$  y  $826,50 \pm 48,68$  g para cuyes en crecimiento y adultos respectivamente, distribuidos en seis tratamientos. Se empleó un diseño completamente al azar para la evaluación del rendimiento y composición nutricional, y un diseño completamente al azar con arreglo factorial de 3x2 (corte en días y edad del cuy) para digestibilidad. Los resultados mostraron que el rendimiento de materia fresca y seca de la cebada fue mayor a los 75 días, alcanzando  $6\,126,67$  kg/ha y  $1\,783,48$  kg/ha, respectivamente. La composición química reveló que el mayor contenido de proteína cruda y fibra fue a los 45 días con valores de 19,72 y 21,60% respectivamente. Los coeficientes de digestibilidad aparente de materia seca y materia orgánica fueron similares entre los cortes oscilando entre 89,76 y 90,74 % para MS, y 89,52 y 90,63% para MO, así mismo, referente a la edad de los animales en crecimiento y adultos (90,14 y 90,20% MS y 89,98 y 89,95% MO). Por otro lado, se registró consumos semejantes a los distintos días de corte, entre los 122,76 g/día y 123,05 g/día de MS, y 108,13 g/día hasta 114,60 g/día de MO, sin embargo, se encontraron diferencias por edad del animal siendo mayor en cuyes adultos con 131,82 g/día de MS y 119,72 g/día de MO. En conclusión, los resultados sugieren que la cebada forrajera es una fuente muy palatable y nutritiva adecuada para la alimentación de cuyes, variando en rendimiento y calidad nutricional según el tiempo de corte.

**Palabras clave:** Cebada forrajera, cuyes, rendimiento, digestibilidad, composición química, consumo.

## ABSTRACT

The objective of this research work was to evaluate the productive yield and nutritional value of forage barley (*Hordeum vulgare* L.) at different cutting times (45, 60 and 75 days) in the feeding of guinea pigs (*Cavia porcellus*). The research was carried out at the K'ayra Agronomic Center of the National University of San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), using 42 male guinea pigs of the Peru breed with an average weight of  $580,33 \pm 48,68$  and  $826,50 \pm 48,68$  g for growing guinea pigs and adults respectively, distributed in six treatments. A completely randomized design was used for the evaluation of yield and nutritional composition, and a completely randomized design with a 3x2 factorial arrangement (cut in days and guinea pig age) for digestibility. The results showed that the yield of fresh and dry matter was higher at 75 days, reaching 6 126,67 kg/ha and 1 783,48 kg/ha, respectively. The chemical composition revealed that the highest content of crude protein and fiber was at 45 days (19,72 and 21,60% respectively). The apparent digestibility coefficients of dry matter and organic matter were similar between the cuts, (ranging between 89,76% and 90,74% MS, and 89,52 and 90,63% MO), likewise, referring to the age of the growing animals and adults (90,14% and 90,20% MS and 89,98% and 89,95% MO). On the other hand, similar intakes were recorded on the different cutting days, between 122,76 g/day and 123,05 g/day of MS, and 108,13 g/day up to 114,60 g/day of MO, however, differences were found by age of the animal, being greater in adult guinea pigs 131,82 g/day of MS and 119,72 g/day of MO. In conclusion, the results suggest that forage barley is a very palatable and nutritious source suitable for guinea pig feed, varying in yield and nutritional quality according to the cutting time.

**Keywords:** Forage barley, guinea pigs, yield, digestibility, chemical composition, consumption

## I. INTRODUCCIÓN

La alimentación animal constituye uno de los principales pilares en la producción pecuaria, siendo fundamental garantizar una dieta adecuada que no solo cubra los requerimientos nutricionales de las especies, sino que también promueva su crecimiento, desarrollo y producción eficiente. En este contexto, el uso de forrajes representa una fuente clave de nutrientes, particularmente en la alimentación de animales como los cuyes (*Cavia porcellus*), que son una importante fuente de proteína animal (20,3%) e ingresos económicos en diversas regiones del mundo, especialmente en América Latina (Chirinos *et al.*, 2008).

En cuanto a la cebada forrajera (*Hordeum vulgare L.*) es una gramínea ampliamente cultivada tanto por su capacidad de adaptación a diferentes condiciones agroecológicas como por su aporte nutricional (Taboada, 2022). Se ha documentado que el momento óptimo de cosecha de los forrajes puede afectar significativamente su valor nutricional, modificando parámetros como la composición química, el rendimiento agronómico y la digestibilidad de sus componentes (Dumont *et al.*, 2005). En este sentido, evaluar el estado fenológico de la cebada en distintos tiempos de corte resulta crucial para maximizar su aprovechamiento en la dieta de los cuyes.

Los cuyes, debido a su alta tasa de crecimiento y reproducción, requieren una alimentación rica en proteínas y fibra, nutrientes que pueden variar dependiendo de la etapa de corte del forraje. Sin embargo, existe una carencia de estudios enfocados en la valoración nutricional y digestibilidad de la cebada forrajera en la alimentación de cuyes, especialmente en relación con los diferentes estados de madurez del forraje.

Por tanto, la presente investigación se planteó con el objetivo de evaluar el valor nutricional y la digestibilidad de la cebada forrajera (*Hordeum vulgare L.*) en diferentes estados fenológicos (45, 60 y 75 días de corte) en cuyes en crecimiento y adultos, con el fin de determinar el momento óptimo de corte para maximizar su aprovechamiento. Se realizó un análisis integral que incluyó el rendimiento productivo, composición química del forraje y coeficientes de digestibilidad

aparente de materia seca y orgánica en cuyes, lo cual permitirá generar recomendaciones prácticas para la alimentación óptima de estos animales.

## II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

### 2.1. OBJETIVOS

#### 2.1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la influencia de la cebada (*Hordeum vulgare* L.) a los 45, 60 y 75 días de corte sobre la digestibilidad en cuyes (*Cavia porcellus*) en dos edades (crecimiento y adultos).

#### 2.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el rendimiento de materia fresca y seca de la cebada (*Hordeum vulgare* L.) a tres tiempos de corte 45, 60 y 75 días.
- Analizar la composición químico nutricional de la cebada (*Hordeum vulgare* L.) a tres tiempos de corte 45, 60 y 75 días.
- Evaluar el consumo de materia seca y materia orgánica de cebada (*Hordeum vulgare* L.) a los 45, 60 y 75 días de corte en cuyes en crecimiento y adultos.
- Determinar el coeficiente de digestibilidad aparente de materia seca y materia orgánica de cebada (*Hordeum vulgare* L.) a los 45, 60 y 75 días de corte en cuyes (*Cavia porcellus*) en la etapa de crecimiento y adultos.

## **2.2. JUSTIFICACIÓN**

La crianza de cuyes en el Perú viene siendo una actividad en incremento debido a los aspectos que abarca, culturales, nutricionales y económicos. Por tanto, esta especie representa una fuente de ingresos para pequeños y medianos productores en las zonas andinas, además de promover el desarrollo rural; por otro lado, contribuye con la seguridad alimentaria ya que es una fuente rica en proteína y otros nutrientes.

Así mismo, presenta una serie de ventajas en cuanto a su crianza frente a otras especies como su menor requerimiento de espacio, menor costo de producción, ciclos reproductivos cortos, menor impacto ambiental, instalaciones más sencillas, lo cual hace que esta especie se adecúe a las condiciones del entorno rural.

Dentro de los aspectos clave y de mayor costo que rigen la crianza de cuyes se encuentra la nutrición y alimentación; y el cuy al ser una especie herbívora, su alimentación se compone básicamente de forraje, sin embargo, los mismos actualmente no son suministrados en el momento adecuado ya que los productores tienen desconocimiento sobre el momento óptimo para realizar el corte.

La cebada es uno de los insumos con mayor producción en el Perú, según la FAO (2019) citado por Esquisabel (2022) el 70 a 80% es destinado para la alimentación animal, por tanto surge la necesidad de proporcionar conocimiento sobre la composición química y valor nutricional que presenta este forraje a diferentes tiempos de corte, de esta manera el forraje suministrado a los animales tendrá un balance adecuado de nutrientes, lo cual permitirá que se cubran parte de los requerimientos nutricionales que tienen, como también la minimización de pérdidas económicas.

Por lo anteriormente expuesto, la presente investigación se orientó a realizar un estudio sobre la producción y valor nutricional de la cebada en sus diferentes estados fenológicos con el propósito de generar alternativas que contribuyan a mejorar la alimentación y nutrición de los cuyes, por consiguiente, los niveles de producción en esta importante actividad pecuaria.

### III. HIPÓTESIS

#### 3.1. HIPÓTESIS GENERAL

La cebada forrajera (*Hordeum vulgare L.*) es una buena alternativa en la alimentación de cuyes, al conocer su composición nutricional y aprovechamiento digestivo de la misma tomando en consideración la etapa fisiológica de los cuyes.

#### 3.2. HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

- Ha 1: Existe una diferencia en el rendimiento de materia fresca y seca de la cebada a diferentes tiempos de corte (45, 60 y 75 días de corte).
- H<sub>0</sub> 1: No existe diferencia en el rendimiento de materia fresca y seca de la cebada a diferentes tiempos de corte (45, 60 y 75 días de corte).
- Ha 2: Existe una diferencia en la composición químico nutricional de la cebada a diferentes tiempos de corte (45, 60 y 75 días de corte).
- H<sub>0</sub> 2 : No existe una diferencia en la composición químico nutricional de la cebada a diferentes tiempos de corte (45, 60 y 75 días de corte).
- Ha 3: Existe una diferencia en los coeficientes de digestibilidad para materia seca y materia orgánica en cuyes en dos etapas fisiológicas (crecimiento y adultos) alimentados con cebada a tres tiempos de corte (45, 60 y 75 días de corte).
- H<sub>0</sub> 3: No existe una diferencia en los coeficientes de digestibilidad para materia seca y materia orgánica en cuyes en dos etapas fisiológicas (crecimiento y adultos) alimentados con cebada a tres tiempos de corte (45, 60 y 75 días de corte).

## IV. MARCO TEÓRICO

### 4.1. ANTECEDENTES

Sosa *et al.*, (2020), en un campo experimental situado en México, determinaron el rendimiento de materia seca (RMS) cada 15 días, en avena variedad Chihuahua desde los 30 días después de la siembra hasta los 150 días, concluyendo que la mejor edad para obtener calidad nutritiva es a los 82,5 días con un rendimiento de 4 340,00 kg MS/ha, no obstante, en cuanto a cantidad el mejor rendimiento se obtiene a los 120 días de corte, encontrándose en estado fenológico grano lechoso con 5 355,00 kg MS/ha.

Wilson *et al.*, (2017), analizaron tres líneas de cebada en México, Montecillo, Texcoco para la producción de forraje con fertilización a los 45, 60 y 70 días después de la siembra (DDS) manifestando valores 650, 2 000 y 4 000 kg MS/ha, así mismo evaluaron la composición morfológica, índice de área foliar (IAF) e intercepción luminosa (IL) considerándolos como posibles criterios para determinar del momento óptimo de corte, tomando en cuenta ello señalan que a los 70 DDS sería el mejor momento para la cosecha ya que en esta etapa se tiene la mayor cantidad de hojas, IL e IAF.

Ramírez *et al.*, (2013), evaluaron la relación de siete variedades de avena en tres estados fenológicos embuche (EMB), grano masoso (MAS) y madurez fisiológica (MF) sobre la composición nutricional y rendimiento en México, mostrándose un incremento a medida que el forraje se aproximaba a su edad madura resultando en valores de 2 247,00, 3 120,00 y 4 475,00 kg MS/ha en cada uno de los estado evaluados respectivamente, a su vez la proteína cruda (PC) disminuyo desde los 17,4% hasta 10,6%, la fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente acido (FDA) siguieron esta misma tendencia yendo desde los 57,1% hasta 47,4%, y 32,8% hasta 26,0% respectivamente.

Alatríste (2012), determinó el rendimiento de materia seca y materia fresca además de otras determinaciones morfológicas en distintos cereales desde los 45 hasta los 120 días después de la siembra (DDS) en la ciudad de San Luis Potosí en México, teniendo como resultado para la cebada de variedad cántabra a los 45 días 844 kg MF/ha y 179 kg/ha de MS, en su segunda evaluación a los 60 días estos valores

se incrementaron a 2 100,00 kg MF/ha y 618 kg/ha de MS, para la tercera (75 días) resultaron de la siguiente manera 6 487,00 kg MF/ha y 1 718,00 kg/ha de MS, concluyendo de esta manera que el rendimiento de materia seca (RMS) y rendimiento de materia verde (RMV) son acumulativos a medida que el estado de madurez incrementa.

Meneses (2021), evaluó el rendimiento productivo de avena Cuauhtémoc en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en México, a los 41, 69 y 90 DDS obteniendo valores de 657, 916 y 6 198,00 Kg MS/ha respectivamente, además al evaluar otras variables como intercepción luminosa y área foliar indica una relación con el rendimiento.

Chavez y Martinez (2008), evaluaron la composición químico nutricional del sorgo (*Sorghum bicolor*) con grano variedad R.C.V en la Universidad del Salvador a los 60, 75 y 90 días, para su primera evaluación los componentes nutricionales se mostraron de la siguiente manera proteína (14,60%), extracto etéreo (2,59%), cenizas (10,18%) y fibra cruda (27,61%), para la segunda resultado 11,87% PC, 1,75% EE, 9,16% de ceniza y 26,31% FC, finalmente a los 90 días obtuvieron valores de 10,37% PC, 2,01% EE, 7,34% de ceniza y 18,35% FC.

Mancipe *et al.*, (2021), en el centro de investigación Tibaitatá en Colombia, determinaron el valor nutricional en dos etapas fenológicas (vaina engrosada y grano lechoso pastoso) en varias accesiones de cereales (trigo y cebada) obteniendo para cebada de un promedio de las 25 accesiones realizadas en estado fenológico de vaina engrosada valores de proteína (22,1%), cenizas (10,7%), fibra detergente neutro (49,3%), fibra detergente ácido (23,6%), calcio (0,35%) y fósforo (0,30%), mientras que para el estado de grano lechoso masoso fueron los siguientes 14,4% PC, 10,3% de cenizas, 57,5% FDN, 33,2% FDA, 0,32% y 0,21% de calcio y fósforo respectivamente.

Mendoza *et al.*, (2021), realizaron el análisis de la composición química de avena variedad Chihuahua en México, Montecillo, Texcoco en distintas etapas de crecimiento que comprendieron desde los 45 hasta los 150 días realizando la evaluación cada 15 días, al primer corte el contenido de nutrientes fue de 20,5% PC, 2,0% EE, 39,7% FDN, 23,6% FDA y 10,4% de cenizas, a partir del corte a los 75 días el contenido proteico fue disminuyendo inversamente al contenido de fibra

detergente neutro y fibra detergente ácido que se vio incrementada, demostrando de esta manera a los 150 días contenidos de proteína (6,8%), fibra detergente neutro (64,4%), fibra detergente ácido (43,6%) y ceniza (5,5%).

González (2016), en la Universidad Autónoma Chapingo ubicada en México, estimó la digestibilidad *in vitro* de materia seca (DMS) basado en la metodología de Tillley y Terry en cuatro cereales a diferentes días de crecimiento, teniendo digestibilidades de 84,00% a los 66 días y 81,00% a los 80 días para cebada variedad San Cristóbal, demostrando que las plantas en estadios vegetativos tempranos tienen mayor digestibilidad que cuando alcanzan la madurez, relacionado directamente con la morfología del forraje (hojas y tallos).

Amaguaña (2012), evaluó la utilización de forraje verde hidropónico a los 15 días de cosecha en la alimentación de cuyes con un peso promedio entre 900 y 1 000 g, determinando un valor de 80,01% digestibilidad de materia seca (MS) y un consumo de 51,64 MS g/día, con fertilización orgánica para el FVH, el trabajo de investigación fue realizado en el Municipio de Yacuanquer en Nariño.

Valiente *et al.*, (2001), evaluaron la digestibilidad de materia seca y orgánica de cebada en estado maduro en ovejas adultas con peso promedio de 57,2 Kg en la Universidad de Zaragoza en España, las dietas se basaron en distintas proporciones de grano y paja de cebada (60/40, 45/55, 30/70 y 15/85), los valores de digestibilidad fueron superiores con mayores proporciones de grano y menor proporción de paja teniendo 66,5% DMS y 68,3% DMO con una dieta de 60/40, entre tanto la proporción 15/85 tuvo 53,4% DMS y 54,9% de DMO.

Pellegrini *et al.*, (2018), en San Antonio de Areco (Buenos Aires), realizaron la evaluación de la digestibilidad *in vitro* de una pastura, soja, maíz y avena en distintos estados fenológicos en yeguas, obteniendo para la avena 87,3% de digestibilidad en un estado vegetativo temprano.

Goić y Thiermann (1986), en Chile determinaron la digestibilidad en terneros mediante el método *in vitro* en dos estados fenológicos de cebada, emergencia de la espiga y grano lechoso conservados en heno, hallando los siguiente 65,1% y 57,0% respectivamente.

Taboada (2022), en su investigación realizada en la ciudad de Lima, en el Laboratorio de Animales Menores de la Universidad Nacional Agraria la Molina, evaluó diversos sistemas de alimentación para cuyes en crecimiento utilizando forraje verde hidropónico de cebada (FVHC) y forraje fresco de maíz (chala), tanto de manera individual como combinado con alimento balanceado, reportando un consumo de 36,8 g/día de materia seca (MS) para el FVHC, así mismo analizó variables como ganancia de peso, conversión alimenticia y porcentaje de carcasa, concluyendo a partir de estos resultados, que el FVH de cebada puede ser un alimento viable en sistemas mixtos de alimentación.

En su proyecto de revisión bibliográfica, en la ciudad de Riobamba, Ecuador Yanchaliquin (2022) estudió la utilización de forrajes hidropónicos en la alimentación de cuyes, reportando un contenido de 16,36% de materia seca (MS) para el forraje verde hidropónico de cebada y 23,26% para el de avena, en cuanto a la proteína, indicó que el FVH de avena presenta un 24,0%, y un contenido de fibra cruda de 21,48% para el mismo forraje; además reportó un consumo de 9,83 kg de FVH de cebada y 11,22 kg de FVH de cebada complementado con alimento concentrado.

Saavedra (2018), evaluó el efecto del forraje verde hidropónico (FVH) de tres variedades de cebada: INIA 411 San Cristóbal, Grigñon e INIA Moronera, en cuyes de recría, desarrollada en el distrito de Abancay, la dieta consistió en un 60% de FVH y un 40% de concentrado comercial, los resultados mostraron consumos de materia seca (MS) de 47,40, 50,60 y 42,10 g/día, respectivamente, además, se evaluaron variables productivas como la ganancia de peso vivo, la conversión alimenticia, el rendimiento de carcasa y la rentabilidad.

Aguilar *et al.*, (2024) efectuaron un análisis del peso total de cuyes alimentados con forraje verde hidropónico (FVH) de cebada, maíz chala y concentrado realizada en el departamento Tacna (Perú), los resultados mostraron un aumento de peso de 499,56 g en los cuyes alimentados con FVH de cebada y concentrado limitado, y de 644,77 g en los alimentados con concentrado *ab libitum*.

El estudio realizado por Quijano *et al.*, (2023) en la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Perú, tuvo como objetivo evaluar el uso de forrajes fermentados con contenido ruminal para cuyes de engorde, se utilizaron forrajes de

ichu, cebada y trigo, los cuales fueron cortados, mezclados con un 30% de contenido ruminal y fermentados durante 30 días; posteriormente, los forrajes fueron secados y molidos, el producto resultante se mezcló en diferentes proporciones (0, 10, 20 y 30%) con alimento balanceado y un 10% de alfalfa verde picada, los resultados mostraron que la inclusión de un 10% de contenido ruminal en la mezcla produjo los mejores resultados en términos de ganancia de peso y rendimiento de la carcasa.

Meza *et al.*, (2014) en la provincia de Los Ríos (Ecuador), evaluando variables como el consumo de forraje, consumo de balanceado, consumo total de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, peso y rendimiento en canal de cuyes alimentados con diferentes forrajes: gramíneas (Saboya: *Panicum maximum*; King grass: *Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*; y Maralfalfa: *Pennisetum sp*) y arbustivas forrajeras tropicales (Morera: *Morus alba*; Caraca: *Erythrina poeppigiana*; y Cucarda: *Hibiscus rosa sinensis*); el mayor consumo de forraje fue registrado por el pasto saboya y la morera, con 42,49 y 36,46 g MS por animal/día, respectivamente; en cuanto al consumo de alimento, las gramíneas (Saboya, King grass y Maralfalfa) mostraron valores de 43,44, 42,01 y 41,00 g MS por animal/día, respectivamente; por otro lado, las forrajeras arbustivas tropicales (morera, caraca y cucarda) presentaron consumos de 37,41, 33,37 y 19,37 g MS por animal/día, con respecto al consumo total de balanceado no se observaron diferencias significativas, ya que el suministro fue constante, con un promedio de 13,20 g MS por animal/día.

Jira (2011), en su investigación realizada en la provincia de Murillo, La Paz (Bolivia), evaluó tres niveles de heno de cebada en la alimentación de cuyes mejorados durante las etapas de gestación y lactancia, las dietas experimentales consistieron en diferentes proporciones de heno de cebada y balanceado: 70/30, 50/50 y 30/70%, el estudio incluyó 18 cuyes hembras primerizas de dos meses y medio de edad y tres machos de cuatro meses de edad; el mayor peso vivo de las hembras a los 63 días de empadre se registró en el grupo alimentado con la dieta 70% de heno de cebada (965 g), en cuanto al peso vivo de las madres al parto, la dieta con 50% de heno de cebada (1 321,67 g) mostró el mejor resultado; al destete, el peso vivo de las madres fue mayor en el grupo alimentado con la dieta 30% de heno de cebada (1,46 g); en cuanto a la cantidad de crías al nacimiento, la dieta con 70%

de heno de cebada presentó la mayor cantidad (2,67 crías), así como el mayor peso vivo de las crías al nacer (121,2 g), del mismo modo para la cantidad de crías al destete (2,5 crías); desde el punto de vista económico, el análisis reveló que la dieta con 70% de heno de cebada fue la más rentable con 2,27 de índice de beneficio/costo.

Vargas (2023) en la ciudad de Cusco, evaluó la composición química y la digestibilidad aparente de diferentes nutrientes en cuyes en etapa de crecimiento, utilizando un ensayo de digestibilidad *in vivo* con dietas (harina de alfalfa y afrecho de cebada) los resultados mostraron que el consumo de dieta fue de 60 g MS/día tanto para la harina de alfalfa como para el afrecho de cebada, en cuanto a los coeficientes de digestibilidad aparente, para la harina de alfalfa se obtuvieron los siguientes valores: 61,35% para MS, 61,43% para MO, 70,99% para PC, 38,35% para EE, 66,21% para cenizas, 54,52% para FC, 63,66% para ELN y 59,27% para EB; por su parte, los coeficientes de digestibilidad para el afrecho de cebada fueron: 42,82% para MS, 42,04% para MO, 76,74% para PC, 61,87% para EE, 51,86% para cenizas, 19,45% para FC, 37,24% para ELN y 43,43% para EB, los resultados indican que la harina de alfalfa presenta una mayor eficiencia nutricional en comparación con el afrecho de cebada para cuyes en etapa de crecimiento.

A partir de los antecedentes, se destaca la importancia de la edad de cosecha del forraje, si bien con edades avanzadas se obtiene un mayor rendimiento agronómico tanto la calidad nutritiva como la digestibilidad se ven comprometidas, mostrando una clara disminución de ambos factores; por lo tanto, será fundamental identificar el momento óptimo de cosecha para lograr un equilibrio entre el rendimiento agronómico y la calidad nutritiva de la planta, optimizando así el rendimiento productivo del animal.

## **4.2. BASES TEÓRICAS**

### **4.2.1. CRIANZA DE CUYES EN EL PERÚ**

El cuy (*Cavia porcellus*) también conocido como quwi, conejillo de indias, cobayo, curi o guinea pig, (Usca *et al.*,2022). Fue domesticado desde hace 2 500 o 3 600 años, cuyo origen radica en las zonas andinas de países de América del Sur como Perú, Ecuador, Colombia y Bolivia; siendo el Perú uno de los países con una mayor

producción y consumo a nivel mundial con alrededor de 65 millones de unidades que generan 16 500 toneladas de carne (Chauca, 1997; Solorzano y Sarria, 2019).

Es una especie criada desde la antigüedad a la cual se le atribuyen una serie de ventajas tales como su gran demanda como producto cárnico por su alto valor biológico, rusticidad, pudiendo adaptarse a diversas condiciones climáticas tanto zonas frías como cálidas, teniendo un mejor desempeño productivo en zonas templadas, además de poseer ventajas sobre otras especies y ser una actividad pecuaria viable (Solorzano y Sarria, 2019).

Su importancia radica en lo anteriormente expuesto, es así que estos animales si bien al inicio tenían una crianza empírica para autoconsumo, a partir de los años 60 se iniciaron investigaciones que permitieron pasar a un sistema tecnificado mediante conocimiento científico; hoy en día en el Perú la crianza de cuyes es vista como una actividad productiva que genera ingresos además de su contribución con la seguridad alimentaria con nuevas perspectivas (Solorzano y Sarria, 2019; Ortiz *et al.*, 2021; Chauca, 1997).

En el Perú los departamentos donde se sitúa el 75% de producción se encuentran en Cajamarca con 20%, Cusco con 17% y Ancash con el 12% (INEI, 2019). Según INEI (2022) la población de cuyes se vio incrementada entre los años que comprenden el 2016 al 2021 habiendo un crecimiento anual de 23,6 millones de unidades, no obstante, se presentó una disminución para el año 2020 con 11,6 millones de unidades, sin embargo, para el 2021 se observó una recuperación con un total de 25,8 millones de unidades. En cuanto a las exportaciones de carne de cuy según el MIDAGRI (2023) en el año 2020 se registró el pico más elevado con 16,2 toneladas, sin embargo, para los años siguientes hasta el 2022 se vio un decrecimiento llegando a 8,5 toneladas, siendo el mercado Estados Unidos.

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

El cuy es una especie herbívora monogástrica clasificada según su anatomía gastrointestinal como un fermentador post gástrico por la presencia de microorganismos en el ciego (Chauca, 1997). Anatómicamente el sistema digestivo del cuy está constituido por una cavidad oral (que a su vez se encuentra conformada por dientes, lengua y las glándulas salivales), esófago, estómago,

intestino delgado, hígado, páncreas, intestino grueso, colon, recto y ano (Cardona *et al.*, 2020).

En cuanto a su fisiología digestiva comprende el estudio de todos los mecanismos tales como la ingestión, digestión, absorción de nutrientes que se encuentran en los alimentos para posteriormente ser transportados a través del torrente sanguíneo para su aprovechamiento en las células del organismo animal (Ramón, 2017). Dicha especie presenta dos tipos de digestión una a nivel del estómago que viene a ser la digestión enzimática y a nivel del ciego donde se lleva a cabo una fermentación bacteriana (Chauca, 1997).

#### **a) Cavidad oral**

Su fórmula dentaria es la siguiente: I = 1/1, C = 0/0, PM = 1/1, M = 3/3 haciendo un total de veinte piezas dentarias; en esta parte se inicia del proceso digestivo con la trituración y humectación del alimento ingerido, desdoblándose el alimento en partículas más pequeñas que conjuntamente con las enzimas secretadas provenientes de la saliva se produce parcialmente la degradación del almidón, para formar el bolo alimenticio y seguir su paso al estómago mediante el esófago (Cardona *et al.*, 2020).

#### **b) Faringe y esófago**

La faringe viene a ser un tejido muscular que comunica la boca con el esófago, entre tanto el esófago permite el paso del alimento hacia el estómago mediante movimientos peristálticos que vienen a ser contracciones rítmicas que realizan las paredes musculares que lo componen (Harkness *et al.*, 2002; Cardona *et al.*, 2020).

#### **c) Estómago**

El estómago de los cuyes es completamente glandular a diferencia de otros roedores, se encuentra provisto de cuatro regiones: el cardias, fundus, cuerpo y píloro; y es uno de los órganos más voluminosos que actúa como un depósito del alimento (Ramón, 2017; Hiyagon, 2014).

Una vez el alimento en el estómago se lleva a cabo la digestión enzimática, por acción del ácido clorhídrico, el pepsinógeno es activado a pepsina que actúa sobre las proteínas, las amilasas actúan sobre los carbohidratos, y lipasas en las grasas, sin embargo, no se llega a la degradación de moléculas más sencillas (Solorzano y Sarria, 2019), cabe resaltar que el ácido clorhídrico actúa en el alimento

disolviéndolo, transformándolo en quimo, además actúa sobre las bacterias presentes en el alimento protegiendo al organismo de estas (Richardson, 2002).

#### **d) Intestino delgado**

Los alimentos que han sido parcialmente digeridos por acción enzimática en el estómago pasan al intestino delgado que se compone de tres regiones el duodeno, yeyuno e íleon (Church *et al.*, 2002; Bondi, 1988). En la primera región del intestino delgado (duodeno) además del contenido intestinal se tienen jugos digestivos provenientes del páncreas a través del conducto pancreático (secreciones pancreáticas) e hígado a través del conducto biliar (bilis), que actúan sobre las macromoléculas degradándolas a moléculas más sencillas como son los aminoácidos, monosacáridos y ácidos grasos (Richardson, 2002; Ramón, 2017); en esta parte es donde se sitúa la mayor digestión y absorción de nutrientes a través de las vellosidades intestinales al torrente sanguíneo, mientras que la parte no aprovechada del alimento pasa directamente al intestino grueso (Usca *et al.*, 2022; Solorzano y Sarria, 2019).

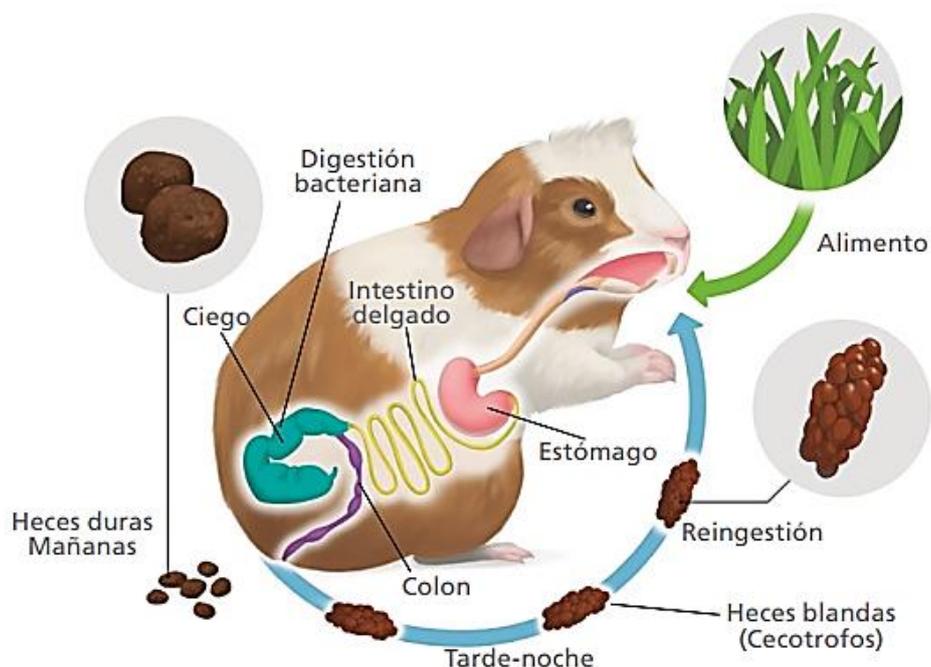
#### **e) Intestino grueso**

Constituido por tres partes ciego, colon y recto; esta región es carente de enzimas, pero contienen secreciones como bicarbonato de sodio y mucina que actúa como lubricantes para el paso del alimento restante no digerido (Bondi, 1988).

El cuy es una especie que al contar con un ciego funcional desarrollado puede aprovechar la fibra por acción microbiana mediante fermentación post gástrica (Solorzano y Sarria, 2019). Los alimentos cuyas partículas son menores a 0,5 cm de grosor ingresan al ciego para ser aprovechados mediante la fermentación bacteriana, permaneciendo por un periodo de 48 horas debido a la presencia de la celulosa que retarda los movimientos peristálticos, a diferencia, del paso a través del estómago e intestino delgado que es alrededor de dos horas lo cual permite una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes como ácidos grasos de cadena corta, además como producto de esta fermentación se obtienen ácidos grasos volátiles, se sintetiza proteína microbiana, vitamina K y vitaminas del grupo B que pueden contribuir con los requerimientos nutricionales del cuy (Chauca, 1997).

Como parte final del proceso digestivo el alimento que no ha sido aprovechado en cada segmento del tracto digestivo es eliminado a través del ano (Cardona *et al.*, 2020).

Además el cuy es un animal que practica la cecotrofia, proceso digestivo nocturno que consiste en la ingestión de excretas; los cuyes producen dos tipos de deyecciones fecales: las heces duras las cuales son eliminadas y las heces blandas (cecotrofos) que son ingeridas y pasan a través del estómago iniciándose así un segundo ciclo de digestión, esta estrategia digestiva permite aprovechar la proteína contenida en las células de las bacterias del ciego, así como la reutilización del nitrógeno proteico y no proteico que no llego a digerirse en el intestino delgado (Chauca, 1997; Ramón, 2017; Cardona *et al.*, 2020). La figura 1 muestra la actividad cecotrófica.



Fuente: Cardona *et al.*, 2020

**Figura 1. Actividad cecotrófica**

#### 4.2.3. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

Los nutrientes requeridos por los cuyes se componen de proteína, energía, fibra, agua, ácidos grasos esenciales, vitaminas y minerales; los mismo que difieren de acuerdo al estado fisiológico, edad, sexo, condiciones medio ambientales entre otros (Torres *et al.*, 2006).

Estos nutrientes son sustancias provenientes del alimento que deben ser suministrados en cantidades y calidad adecuada, de tal manera que al ser destinadas al mantenimiento, crecimiento y producción se tenga una eficiencia en la producción tanto a nivel económico como nutricional; caso contrario se generan problemas como retraso en el crecimiento, muerte embrionaria, abortos, mortandad, entre otros (Vivas y Carballo, 2013).

En la actualidad si bien se sigue investigando sobre los requerimientos nutricionales de los cuyes, se utilizan como referencia los requerimientos nutricionales propuestos por la NRC (National Research Council) de 1995 pese a no ser valores para animales destinados a producción de carne sino para animales de laboratorio (Sarria *et al.*, 2019) (Tabla 1).

#### **a) Proteína**

Es uno de los nutrientes de mayor proporción en el organismo animal después del agua, ya que forma parte de los tejidos, enzimas, hormonas y anticuerpos (Chauca, 1997). Al considerar el requerimiento de proteína se debe conseguir el balance de aminoácidos mediante la inclusión de insumos de origen animal y vegetal en la dieta; dentro de ellos se tienen los esenciales y no esenciales, los no esenciales vienen a ser aquellos que no son indispensables en el suministro de la dieta ya que los animales pueden sintetizarlos; sin embargo, los esenciales no son sintetizados por el organismo animal por ende su suministro es necesario en la dieta encontrándose dentro de ellos la lisina, metionina, arginina, histidina, isoleucina, leucina, fenilalanina, triptófano, treonina y valina (Church *et al.*, 2002; Chauca, 1997).

El nivel de proteína debe ser entre 18 a 20% con 1,26% de arginina, 0,16 a 0,20% de triptófano, 0,36% de cistina, 0,35% de metionina y 0,71% de aminoácidos azufrados (NRC, 1995); además, varios autores reportados por Chauca (1997), indica que con la inclusión menor al 10% se generan pérdidas de peso, lográndose ganancias con porcentajes mayores a 14% pero menores a 28%. Una deficiencia en su suministro conlleva a bajos rendimientos productivos, retardo en el crecimiento, problemas reproductivos, entre otros (Solorzano y Sarria, 2019; Cardona *et al.*, 2020).

### **b) Energía**

Fuente indispensable para la realización de todos los procesos metabólicos (Solorzano y Sarria, 2019), cuyos principales aportantes son los carbohidratos y lípidos (Chauca, 1997; Usca *et al.*, 2022); por tanto, una dieta con concentraciones óptimas incide en un buen desarrollo, mantenimiento y reproducción (Solorzano y Sarria, 2019), sin embargo, una vez cubierto dicho requerimiento el exceso es depositado como grasa que afecta la reproducción, así mismo, existe una relación entre la cantidad de alimento consumido y el contenido energético que poseen de tal manera cuando el contenido energético es mayor el animal tiene un menor consumo, lo contrario sucede con una ración cuyo contenido energético es menor (Morales *et al.*, 2011).

La NRC (1995) recomienda que los niveles de energía digestible en cuyes en crecimiento son de 3 000 kcal/kg, así mismo, Vergara (2008) indica que para esta misma etapa los requerimientos de energía digestible (ED) deben tener niveles de 2 800 kcal/kg para cuyes en acabado, 2 700 kcal/kg para la etapa de gestación y para la lactación 2 900 Kcal/Kg.

### **c) Fibra**

El aportante principal es el forraje, este es un componente eficientemente aprovechado por los cuyes debido a las particularidades anatómicas y fisiológicas que poseen, como son el aprovechamiento de fibra a nivel del ciego que contribuyen al aporte de energía, mediante la acción microbiana para la obtención de AGV; además de ello, permite una mejora en la digestibilidad ya que retarda el paso del alimento en el tracto gastrointestinal, consecuentemente tienen un mejor aprovechamiento, sin embargo, el aprovechamiento de la misma difiere de acuerdo a su composición (Chauca, 1997).

Los niveles de inclusión según la NRC (1995) deben ser del 15%, para Vergara (2008) los niveles de fibra en una crianza intensiva en la etapa de inicio son de 6%, en crecimiento 8%, acabado 10%, gestación y lactación 12%.

### **d) Vitaminas y minerales**

Son nutrientes requeridos en menor cantidad, sin embargo, cumplen diversas funciones en el organismo animal como estructurales, fisiológicas y metabólicas (Church *et al.*, 2002; Cardona *et al.*, 2020; Solorzano y Sarria, 2019).

Dentro de los minerales los de mayor importancia son el calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K) y cloro (Cl) (Usca *et al.*, 2022). El mineral de mayor abundancia en el organismo del cuy viene a ser el calcio que según la NRC (1995) debe encontrarse en un 0,8%, así mismo la relación Ca:P es de 2:1.

Los minerales son suministrados ya sea mediante el concentrado o forraje el mismo que presenta una variación de acuerdo al tipo de suelo, estado fenológico de la planta, entre otros (Church *et al.*, 2002). Una deficiencia de minerales ocasiona una alteración en las funciones fisiológicas, inadecuado aprovechamiento de los nutrientes, problemas productivos, reproductivos y un exceso conlleva a la toxicidad pudiendo ocasionar mortalidad (Shimada, 2003).

Las vitaminas son sustancias orgánicas, dentro de ellas se tienen las liposolubles (vitamina A, D, E y K) e hidrosolubles (vitamina B y C); el organismo del cuy puede sintetizar alguna de ellas mediante el proceso de cecotrofia (vitamina B y K) (Shimada, 2003), además de la vitamina A, D y E que son producidas parcialmente por el propio organismo (Cardona *et al.*, 2020), sin embargo, el de mayor limitación en la alimentación de los cuyes es la vitamina C ya que no puede ser sintetizada, cuya fuente principal se encuentra en los forrajes (Solorzano y Sarria, 2019; Vergara, 2008). Los requerimientos sugeridos por la NRC (1995) son de 200 mg/kg de alimento, por otro lado, Vergara (2008) recomienda la inclusión de 30 mg/100 g de vitamina C en el alimento de inicio, 20 mg/100 g en el de crecimiento y 15 mg/100 g en acabado y reproductores.

La deficiencia de la vitamina C conlleva a una serie de problemas como inflamación de articulaciones, pérdida de peso, inadecuado crecimiento, problemas reproductivos, trastornos hepáticos, aflojamiento de dientes y escorbuto que produce la inflamación de encías; la falta de vitamina D produce raquitismo, la vitamina E degeneración de los músculos y muerte súbita, la vitamina K hemorragias y abortos mientras que la vitamina A retarda el crecimiento y puede llegar a generar la muerte (Usca *et al.*, 2022; Solorzano y Sarria, 2019).

#### **e) Lípidos**

Chauca (1997), indica que dichos requerimientos van de 1 a 2% para cuyes en crecimiento y reproducción; por otro lado, Wagner y Manning (1976) y Solorzano y Sarria (2019) mencionan que los cuyes requieren entre 3 y 4%. La carencia de este

nutriente genera dermatitis, caída del pelo, crecimiento retardado y úlceras en la piel (Solorzano y Sarria, 2019; Cardona *et al.*, 2020).

#### **f) Agua**

El agua es otro de los elementos importantes dentro de la nutrición animal ya que cumple varias funciones como son la regulación de la temperatura corporal, es parte de varias reacciones químicas además sirve como medio de transporte para algunos nutrientes (Solorzano y Sarria, 2019). Es el componente de mayor proporción en el organismo animal, la cantidad consumida se encuentra condicionada a diversos factores como biológicos, ambientales y propios del alimento (Usca *et al.*, 2022; Chauca, 1997).

Las fuentes que compensan las pérdidas de agua a través de la piel, pulmones y excreciones provienen de tres fuentes que son, el agua contenida en los alimentos, el agua de bebida y el agua metabólica proveniente del metabolismo de los nutrientes orgánicos por oxidación (Usca *et al.*, 2022; Cardona *et al.*, 2020).

El requerimiento de agua en cuyes es de 10 ml/100 g de PV lo cual viene a ser el 10% de su PV, con una alimentación superior a los 200 g de forraje fresco la humedad del forraje suple este requerimiento, sin embargo, si el suministro de este es de 30 gr/animal/día los cuyes requieren de 85 ml de agua (Chauca, 1997). Rico y Rivas (2003) mencionan que los reproductores requieren de 100 cc de agua por día, 80 cc para animales en crecimiento y 30 cc para animales lactantes.

**Tabla 1. Requerimientos nutricionales del cuy**

Nutrientes	Unidad	(NRC, 1995)	(Vergara, 2008)			
			Inicio	Crecimiento	Acabado	Gestación y Lactancia
Proteína Cruda	(%)	18	20	18	17	19
Energía digestible	(kcal/kg)	3 000	3 000	2 800	2 700	2 900
Fibra Cruda	(%)	15	6	8	10	12
Calcio	(%)	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0
Fósforo	(%)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,8
Vitamina C	(mg/100 g)	20	30	20	20	20

Fuente: NRC (1995); Vergara (2008)

#### 4.2.4. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DE LA CEBADA

La cebada es una planta anual monocotiledónea que se cultiva desde la antigüedad, es un cereal que tiene dos centros de origen por un lado se encuentra la región de Etiopia y África del norte de donde provienen aquellas variedades que presentan barbas largas, mientras que el otro centro de origen se sitúa en China, Japón y Tíbet del cual proceden aquellas variedades desnudas, barbas cortas o sin barbas (Mujica y Chura, 2012; Lopez, 1991).

A nivel mundial este es el cuarto cereal más cultivado después del trigo, maíz y arroz, ocupa el 9,4% de la superficie total de todos los cereales cultivados (Campuzano *et al.*, 2022). En el Perú se cultiva en gran medida después del arroz y maíz, ya que además de contribuir en la alimentación del ser humano y la producción de malta, es empleada como forraje fresco, seco o ensilado en la alimentación animal (Pinedo *et al.*, 2020). Según la FAO (2019) citado por Esquisabel (2022); (De Steven, 2011) alrededor del 60 y 70% de los cultivos son destinados para alimentación animal, el 21 a 30% para malteado y alrededor del 6% como parte de la alimentación del ser humano.

#### 4.2.5. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA CEBADA

Es una planta perteneciente a la familia de las gramíneas cuyo género es *hordeum*, cuenta con alrededor de 32 especies siendo la especie *vulgare* la única cultivada, a su vez esta presenta tres subespecies *Hordeum vulgare ssp. Vulgare* (seis hileras o carreras), *Hordeum vulgare ssp. Distichum* (dos hileras o carreras) y *Hordeum vulgare ssp. Spontaneum* (cebadas silvestres) (Bothmer *et al.*, 2003). La taxonomía propuesta por Stein *et al.*, (2013) se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2. Clasificación taxonómica de la cebada (*Hordeum vulgare L.*)**

Clasificación científica	
Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
Supervisión	Spermatophyta
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Genero	Hordeum
Especie	Vulgare L.
Nombre científico	<i>Hordeum vulgare L.</i>
Nombre común	Cebada

Fuente: Stein *et al.*, (2013)

#### 4.2.6. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LA CEBADA

##### a) Raíz

La cebada presenta un sistema radicular fasciculado y fibroso que a diferencia de otros cereales no alcanza una profundidad mayor a 1,20 m (Rimache, 2008); dentro de la misma se distinguen dos tipos de raíces, las seminales o primarias que conjuntamente con la radícula permiten el anclaje y la absorción de agua y nutrientes en las primeras semanas, posteriormente estas pierden importancia comenzando la formación de raíces coronarias o también denominadas principales

presentes durante el resto de las fases fenológicas (Pinedo *et al.*, 2020; Mujica y Chura, 2012).

#### **b) Tallo**

El tallo principal es una estructura cilíndrica, erecta y hueca, del cual se desprenden macollos o hijuelos y consta de entre seis a ocho entrenudos (Pinedo *et al.*, 2020; Mujica y Chura, 2012); cuya altura difiere según la variedad, oscilando generalmente entre 0,50 y 1,0 m (Rimache, 2008).

#### **c) Hojas**

Son de color verde claro y estrechas, compuestas por una lámina y vaina envolvente al tallo, unidas a su vez por la lígula que viene a ser una membrana blanquecina caracterizada por ser corta, dentada y glabra, con dos prolongaciones envolventes denominadas aurículas (Pinedo *et al.*, 2020; Mujica y Chura, 2012). Pueden encontrarse entre cinco a 10 hojas por tallo, desde un punto de vista morfológico se clasifican en tres; por un lado, se tiene la primera hoja, con una pequeña vaina, lámina de punta redondeada y aurículas reducidas; la hoja intermedia, con una lámina mayor y punta aguda, finalmente se tiene la hoja bandera o superior que cuenta con una lámina pequeña y vaina larga (Mujica y Chura, 2012).

#### **d) Inflorescencia**

La inflorescencia de la cebada está conformada por las espigas que a su vez se encuentran formadas por las espiguillas unidas directamente al raquis, cada una de ellas contenida en un antecio que se compone de una lemma que puede ser glabra o pubescente, pálea que es binervada, obtusa y ápice despuntado además de una flor (Mujica y Chura, 2012); las flores presentan tres estambres y un pistilo que cuenta con un ovario y dos estigmas, son autógamias, lo que significa que se fecundan a sí mismas, y se abren solo después de completar la fecundación (Rimache, 2008).

Dicha inflorescencia difiere según especie en la *Hordeum distichum* L. las espigas son largas, delgadas y solo las espiguillas centrales son fértiles, mientras que en la *Hordeum hexastichum* L. son anchas, cortas y todas las espiguillas son fértiles (Pinedo *et al.*, 2020; Mujica y Chura, 2012).

#### **e) Fruto o semilla**

Denominado como cariósipide cuyas glumillas se encuentran adheridas al pericarpio a excepción de las variedades desnudas, con la parte central más gruesa disminuyendo en los extremos (Rimache, 2008), con una superficie ligeramente arrugada; las variedades de dos hileras cuentan con granos simétricos, sin embargo, las de seis hileras presenta granos asimétricos debido a la disposición lateral en la espiga (Osca, 2007).

### **4.2.7. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS PARA LA CEBADA**

#### **a) Clima**

En el Perú este cereal se cultiva desde los 2 500 hasta los 4 000 m.s.n.m. y requiere como mínimo entre 350 a 400 mm de precipitación pluvial para todo su desarrollo vegetativo; es un cultivo de baja exigencia climática caracterizado por ser rústico, lo que le permite adaptarse a una amplia variedad de regiones, sin embargo, se desarrolla óptimamente en climas frescos y moderadamente secos (Mujica y Chura, 2012), ya que requiere menos unidades de calor para alcanzar la madurez fisiológica, no obstante, cabe señalar que en la etapa de floración es más susceptible a bajas temperaturas (Rimache, 2008).

#### **f) Suelos**

Prefiere suelos francos, franco limosos, franco arcillosos o franco arenosos, bien drenados, con un pH entre 6,0 y 8,5 para un óptimo crecimiento, siendo tolerante a suelos alcalinos y salinos no así a suelos ácidos (Lopez, 1991); aquellos que son arenosos, arcillosos y encharcados son desfavorables para su crecimiento, así también, como el excesivo nitrógeno presente en el suelo ya que genera encamado (Rimache, 2008; Mujica y Chura, 2012).

#### **g) Temperatura**

Durante la germinación requiere una temperatura entre los 14 a 18 °C siendo 6 °C la mínima, en la etapa de macollamiento se sitúa en 15 °C mientras que a partir de la etapa de encañado hasta la madurez fisiológica la temperatura oscila entre los 15 a 22 °C (Rimache, 2008; Mujica y Chura, 2012; Lopez, 1991), además Espinosa (2021) y Méndez (2004) indican que a los 30 °C se encuentra el límite para dicha planta.

#### **h) Humedad**

La cebada tiene mayores necesidades de agua en las primeras etapas de desarrollo disminuyendo conforme va avanzando, es un cultivo resistente a deficiencias hídricas a diferencia de otros cereales (trigo y avena) (Osca, 2007), no obstante, el rendimiento productivo es mayor con la presencia de lluvias o riego, además un estrés hídrico en las etapas fenológicas de encañado y espigado inciden en la reducción del llenado de granos por espiga (Lopez, 1991).

### **4.2.8. LABORES CULTURALES EN EL CULTIVO DE CEBADA**

#### **a) Preparación del terreno**

Es un proceso agrícola esencial que tiene por objetivo establecer condiciones adecuadas para el crecimiento del cultivo; comprende actividades como el arado, limpieza de malezas, nivelación y abonamiento (Mujica y Chura, 2012); el tipo de labranza a realizar depende del suelo y maquinaria disponible (Rimache, 2008). Si dicho proceso se lleva a cabo con un tractor agrícola inicialmente se realiza con una rastra de discos, que permite roturar el suelo y voltear el prisma superficial, evitando la formación de terrones grandes y asegurando que la tierra quede suelta; posteriormente, se afina el terreno utilizando una rastra de discos en movimiento cruzado, lo que ayuda a deshacer los terrones y homogeneizar la superficie, finalmente, se nivela el suelo con un rotocultor, lo cual es crucial para garantizar una distribución uniforme de las semillas durante la siembra (Mujica y Chura, 2012).

#### **b) Siembra**

La profundidad de siembra varía según la textura del suelo y humedad en el momento de la siembra, recomendándose entre 2 a 5 cm, exceder esta profundidad genera incremento en el tiempo de emergencia y reducción de la misma (Lopez, 1991), sin embargo, si la humedad no es la adecuada se puede realizar hasta los 7 cm de profundidad (Mujica y Chura, 2012).

El método de siembra puede realizarse mecánicamente con una sembradora, como también manualmente al voleo, técnica que consiste en la distribución de semillas de forma uniforme evitando excesos o déficit en ciertas superficies del suelo (Mujica y Chura, 2012; Pinedo *et al.*, 2020).

En cuanto a la densidad de siembra en tierras ricas en materia orgánica y bien preparadas, la densidad de siembra ideal es de 100 kg/ha; en suelos mal

preparados o en siembras tardías, se recomienda incrementar la densidad, pero no debe superar los 120 kg/ha (Cespedes, 2021).

#### **c) Fertilización**

Es fundamental realizar un análisis de suelo para determinar las necesidades específicas de fertilización, si no se dispone de este análisis, se puede recurrir a los requerimientos estándar de nutrientes que la cebada extrae del suelo; el cultivo necesita 60 kg de nitrógeno, 60 kg de fósforo, 30 kg de potasio y 20 kg de azufre (Ponce *et al.*, 2022).

#### **d) Manejo de malezas**

En terrenos descansados o labrados tras otras cosechas la densidad de malezas puede ser baja si se utilizó maquinaria agrícola para la preparación; sin embargo, se recomienda realizar esta práctica antes de la siembra y durante la segunda fertilización, si la presencia de malezas es alta, se deben aplicar herbicidas para hojas anchas (Mujica y Chura, 2012; Pinedo *et al.*, 2020).

#### **e) Riego**

La cebada tiene por ventaja la resistencia a la sequía, para el riego se toman en consideración factores como el clima, el estado de desarrollo en el que se encuentra la planta como también la humedad del suelo; el número de riegos varía dependiendo del estado fenológico de la planta teniendo mayor requerimiento hídrico durante la fase de emergencia (Mujica y Chura , 2012; Rimache, 2008).

### **4.2.9. CICLO FENOLÓGICO DEL CULTIVO DE CEBADA**

El ciclo fenológico es entendido como las variaciones morfológicas que presenta una determinada especie vegetal, constituidas por una sucesión de estados fenológicos (Yzarra y López, 2011). Por otro lado, Igartua *et al.*, (2008) mencionan que es la ciencia que se encarga del estudio del desarrollo de las plantas por influencia de factores climáticos tales como temperatura, humedad, etc.

La cebada presenta un ciclo vegetativo que oscila entre los 100 a 160 días y consta de las siguientes etapas fenológicas (CIREN, 1989) (Tabla 3). Cada etapa fenológica se aprecia en la Figura 2.

**Tabla 3. Fases fenológicas del cultivo de cebada**

<b>Fase fenológica</b>	<b>Días</b>
Germinación	15
Macollamiento	40
Encañado	80
Espigado	100
Floración	110
Grano lechoso	135
Grano pastoso	155
Madurez fisiológica	180

**Fuente:** (Mujica y Chura, 2012)

#### **a) Germinación y emergencia**

Inicialmente se da la absorción de agua en un 30 a 35% ocurrida la inhibición se produce la germinación con la aparición de la radícula, a su vez requiere de las reservas que posee y de las condiciones medioambientales, ocurrido ello se forman las raíces primarias y el coleóptilo que da lugar a las primeras hojas sobre la superficie del suelo, teniendo así la fase de emergencia (Millares *et al.*, 2014).

#### **b) Premacollaje**

Esta etapa va desde la emergencia hasta la aparición de la tercera hoja (Yzarra y López, 2011). Luego de la emergencia, el coleóptilo deja de alargarse y surge la primera hoja verdadera, las hojas siguientes aparecen cada tres a cinco días, dependiendo de la variedad y las condiciones ambientales; en el tallo principal se forman entre ocho y nueve hojas, aunque en las variedades de maduración tardía suelen desarrollarse más (Ponce *et al.*, 2019).

#### **c) Macollamiento**

En condiciones óptimas esta etapa inicia tras la aparición de la tercera a cuarta hoja, observándose la aparición de macollos o retoños que van desde las yemas axilares situadas en los entrenudos del tallo principal; además, es un referente del rendimiento ya que a partir de ello se puede determinar el número de espigas/m<sup>2</sup> como también la obtención de mayor área foliar (Millares *et al.*, 2014).

#### **d) Encañado**

El primer internudo del tallo principal comienza a elongarse en el punto de unión del mesocotilo con el coleóptilo, a medida que este internudo se aproxima a la superficie del suelo, se forma una pequeña protuberancia en su parte apical, la cual corresponde al primer nudo que emerge por encima del nivel del suelo, señalando el inicio de la fase de encañado dando lugar a la formación de los entrenudos; al mismo tiempo, ocurre el deceso del crecimiento de los macollos, ya que los nutrientes se destinan principalmente para el desarrollo del tallo (Mujica y Chura, 2012; Millares *et al.*, 2014).

#### **e) Embuche**

Al finalizar la etapa de encañado, la espiga se hace prominente dentro de la vaina de la hoja bandera o superior, etapa conocida como “embuche o embuchamiento” (Ponce *et al.*, 2019).

#### **f) Antesis, emergencia de la cabeza o floración**

La cebada es una planta autógama que se autopoliniza, este proceso ocurre antes de que la espiga emerja de la vaina de la hoja bandera, en la florecilla, los lodículos se ponen turgentes y empujan, lo que provoca que la lemma y la palea se separen, simultáneamente, los estilos se abren, los filamentos de los estambres se alargan y se libera el polen, lo que permite la fecundación (Osca, 2007; Mujica y Chura, 2012).

#### **g) Espigado**

Inicia al terminar la fase de embuche de tal manera la espiga que se encontraba envuelta por la hoja bandera o también denominada como superior se hace visible elongándose de manera progresiva hasta su extensión total (Escobar, 2018; Mujica y Chura, 2012). Con el inicio de la elongación del tallo, comienza también el crecimiento de la espiga, así ambos órganos crecen simultáneamente, compitiendo por los asimilados y nutrientes disponibles (Millares *et al.*, 2014).

#### **h) Grano lechoso**

Al comenzar dicha etapa la planta detiene su crecimiento, las hojas basales tienen a secarse manteniéndose verdes las superiores, se produce la formación del grano caracterizándose los mismos por contener un líquido de color blanco al ser presionados (Escobar, 2018).

El primer período de desarrollo del grano, tiene una duración de aproximadamente 10 días, aunque durante esta fase los granos no aumentan mucho de tamaño, es crucial, ya que establece el número de células que se utilizarán más adelante para almacenar almidón (Ponce *et al.*, 2019).

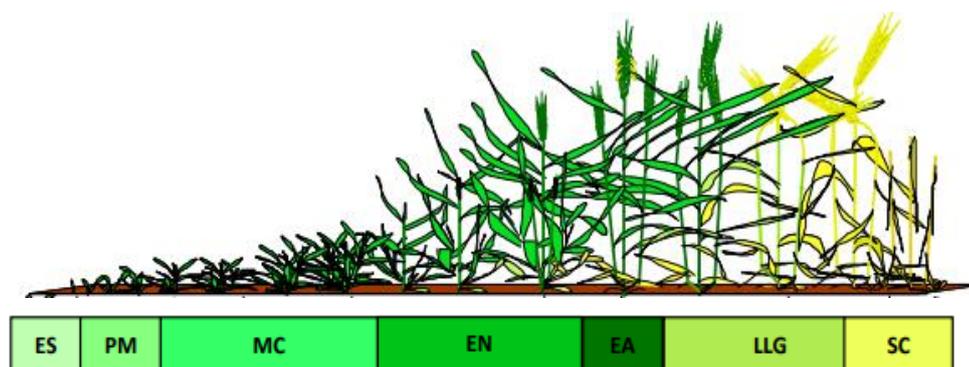
#### **i) Grano pastoso**

Los granos de la espiga adquieren una consistencia más sólida mostrando cierta resistencia al ser presionados (Escobar, 2018).

#### **j) Madurez fisiológica**

Cuando la humedad del núcleo desciende al 30-40%, la planta alcanza la madurez fisiológica y deja de acumular materia seca, un indicador de campo de la madurez fisiológica es la pérdida total de color verde en las glumas y el pedúnculo, cuando el contenido de humedad del grano baja al 13-14%, la cebada está lista para la cosecha y la trilla (Escobar, 2018; Ponce *et al.*, 2019).

En la fase de madurez, la espiga de la cebada presenta una característica curvatura hacia abajo, ya sea por la curvatura natural de la espiga o por el doblamiento del último entrenudo; en ciertas variedades, el último nudo se rompe con facilidad al alcanzar la madurez, lo que provoca la pérdida de grano (Osca, 2007).



**Fuente:** (Pinedo *et al.*, 2020)

**Leyenda:** ES: Germinación y emergencia, PM: Pre macollaje, MC: Macollaje, EN: Encañazon, EA: Espigado, LLG: Llenado de grano, SC: Secado de grano.

**Figura 2. Etapas fenológicas del ciclo del cultivo**

#### **4.2.10. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA CEBADA**

Es un cereal, cuya composición química consta de macronutrientes tales como proteínas, carbohidratos y extracto etéreo siendo este el componente encontrado en menor proporción, y micronutrientes como vitaminas y minerales; sin embargo,

las concentraciones de estos nutrientes pueden variar por la incidencia de factores genéticos, climáticos y características fisicoquímicas del suelo (López *et al.*, 2007). El FEDNA (2019) menciona que está compuesta por  $\beta$ -glucanos y pentosanos además de ser una buena fuente de vitaminas del grupo B, particularmente niacina.

Así mismo la composición nutricional de la cebada también varía según el estado fenológico de la planta constituyendo un parámetro clave para evaluar la calidad nutricional de los forrajes (Urrutia *et al.*, 2014). Es así que un forraje en etapas vegetativas tempranas presenta un alto contenido de proteínas y energía, pero un bajo contenido de fibra, ya que predominan las hojas; a medida que la planta madura, el contenido de fibra incrementa, lo que reduce la calidad nutricional del forraje ya que es un componente estructural de la pared celular poco digerible por los animales (Díaz y Callejo, 2004; Dumont *et al.*, 2005). En la Tabla 3 se aprecian estas variaciones nutricionales en distintos estados fenológicos de la cebada mostrándose la tendencia anteriormente expuesta.

No obstante, la cosecha suele realizarse en etapas más avanzadas de madurez para obtener mayores rendimientos de materia verde y seca, aunque esto implica una disminución en la calidad nutricional (Dumont *et al.*, 2005).

**Tabla 4. Composición nutricional de la cebada según sus estados fenológicos**

Nutrientes (%)	Estado fenológico			Autor	
	Embuche	Grano Lechoso	Grano Pastoso		Grano Maduro
<b>MS</b>	20,6	29,7	42,0	62,3	Catrileo <i>et al.</i> , 2003
<b>PC</b>	13,2	10,1	8,2	5,5	(Catrileo <i>et al.</i> , 2004)
<b>FC</b>	25,1	27,0	29,1	33	Catrileo <i>et al.</i> , 2005
<b>FDN</b>	48,4	60,2	59,9	-	(Peine, 2007; Mancipe <i>et al.</i> , 2020)
<b>FDA</b>	25,3	36,0	32,2	-	(Peine, 2007; Mancipe <i>et al.</i> , 2020)

**Fuente:** (Catrileo *et al.*, 2003; Paine, 2007; Mancipe *et al.*, 2020)

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

Bondi (1988) señala que existen diversos factores que influyen en la digestibilidad ya sea de manera indirecta o directa, dentro de ellos se encuentra la composición del alimento, preparación de alimentos, nivel de alimentación y factores relacionados al animal.

La composición del alimento se relaciona directamente con la composición química y la estructura vegetal de la planta, es así que a medida que la edad de la planta incrementa el contenido celular que viene a ser la parte más digestible o aprovechable por el animal disminuye predominando la pared celular compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina (Ramírez *et al.*, 2002); por otro lado, la familia, especie, variedad, la relación hoja/tallo también inciden en su aprovechamiento (Ball *et al.*, 2001); es así que las gramíneas de climas cálidos tienden a ser menos digestibles en comparación a las de clima templado debido a las características morfológicas propias de la planta; además la asociación de varios alimentos o insumos genera una afección en la digestibilidad, siendo más notable en una dieta es con concentrados ricos en almidón y suplementación de alimentos groseros (McDonald *et al.*, 1999; Bondi, 1988).

Así mismo la preparación y nivel de alimentación repercuten en la digestibilidad, la preparación de alimentos viene a ser un factor que se relaciona directamente con la manera de suministro de alimento tales como el picado, troceado, molienda, ensilado o cocción cuya finalidad se traduce en la mejora de la digestibilidad, en cuanto al nivel de alimentación, un aumento en la ingesta tiende a disminuir la digestibilidad, puesto que la mayor ingesta de alimento generará un incremento de paso por el tracto digestivo ocasionado que la acción enzimática no sea la adecuada consecuentemente la digestibilidad se verá afectada (McDonald *et al.*, 1999).

Por otro lado, se tienen aquellos factores que se relacionan directamente con el animal e intervienen en la digestibilidad como son la especie animal, anatomía, fisiología y edad; el nivel de aprovechamiento no es el mismo en animales rumiantes y no rumiantes, además la anatomía y fisiología es distinta según la edad debido a que la acción enzimática de los animales jóvenes es menor frente a los adultos que ya han completado su desarrollo (Huarco, 2012).

Además de los factores ya mencionados se encuentran otros ambientales como la temperatura, humedad ambiental, ventilación e iluminación (Huarco, 2012).

#### **4.2.12. MÉTODOS PARA DETERMINAR LA DIGESTIBILIDAD**

La medición de la digestibilidad puede realizarse tanto de forma indirecta, uso de indicadores como directa mediante la recolección de heces (Osorio *et al.*, 2012; Nieves *et al.*, 2008).

El método directo es un ensayo que viene precedido de un periodo de adaptación que tiene la duración de al menos cinco días teniendo por objetivo que los animales se adapten a las condiciones del experimento e insumo a ser evaluado como la eliminación de residuos de otros alimentos ingeridos previamente (McDonald *et al.*, 1999), posteriormente se desarrolla el periodo experimental que tiene una duración variable pudiendo ir desde los cinco días hasta los 14 días (AAFCO, 2000), que consiste en suministrar un tratamiento dietético a un determinado número de animales que se encuentran distribuidos en jaulas metabólicas individuales (Vargas *et al.*, 2013), donde cada animal tiene acceso al insumo experimental mediante comederos tomando en consideración sus requerimientos nutricionales, fase de desarrollo y estado fisiológico (Romero *et al.*, 2019), además cuentan con un colector de heces y orina que permite que tanto las heces como el alimento rechazado sean colectados directamente de las jaulas para su análisis correspondiente en laboratorio (Vargas *et al.*, 2013).

La cantidad de animales a emplearse en la evaluación es variable, pero mientras se tenga un mayor número de repeticiones el rango de error disminuye, esto se debe a que pese a que los animales sean de la misma especie, edad y sexo tienen variaciones individuales en cuanto al aprovechamiento de los alimentos (Crampton y Harris, 1974).

El método de indicadores es otra forma de medición de los coeficientes de digestibilidad empleado cuando no se pueden realizar las mediciones de la ingesta como heces, el cual se basa en la inclusión de indicadores que pueden ser naturales o químicos en dietas experimentales, para finalmente determinar la cantidad de indicador presente en la dieta experimental como heces; se han propuesto una serie de características que tiene que presentar los indicadores, entre ellas la facilidad de medida, no deben absorberse ni generar alguna afección

en la digestibilidad y fisiología de los animales, ser eliminados sin problema alguno y tener facilidad para incluirse en la preparación de alimentos (Bondi, 1988; Osorio *et al.*, 2012; Tobal, 1999).

Se tienen dos tipos de indicadores aquellos internos y los externos, dentro de los internos se pueden encontrar la lignina y fibra acida insolubles que son sustancias propias del alimento, mientras que dentro de los externos se tiene el óxido de cromo y dióxido de titanio que son incluidas en la dieta (Osorio *et al.*, 2012; Tobal, 1999).

Cuando se suministra un insumo como parte de una mezcla y se requiere determinar su digestibilidad se hace necesario el método indirecto debido a que al ofrecer una dieta como tal no representa mayor problema en determinar la cantidad de nutrientes presentes en la misma, sin embargo, no sucede lo mismo con las heces, este método está basado en una dieta basal y otra con la inclusión del insumo a evaluar para su determinación (Crampton y Harris, 1975),

#### **4.2.13. PRUEBAS DE DIGESTIBILIDAD**

Para la estimación de la digestibilidad de los insumos empleados en la alimentación animal existen tres pruebas, dentro de los cuales se tienen el método *in situ*, *in vitro* e *in vivo* (Osorio *et al.*, 2012; Nieves *et al.*, 2008).

La digestibilidad *in vivo* es considerada como una prueba costosa debido a que se requiere de la utilización de animales como de jaulas metabólicas para la evaluación (Vargas *et al.*, 2013), además de periodos largos; puede realizarse la medición de forma indirecta con el uso de indicadores y la forma directa mediante la colección de heces (Osorio *et al.*, 2012)

Por otro lado, la prueba de digestibilidad *in situ* es resultado de varios trabajos de investigación, es así que Orskov *et al.*, (1988) establecen el uso de bolsas nylon, mientras que Winterholler *et al.* (2009) usan bolsas de polyester, sin embargo, más costosas. Así mismo Nocek (1988) menciona que se tienen requisitos especiales para desarrollar este método como la porosidad de las bolsas a ser colocadas, tamaño de muestra, animal, incubación preruminal, inserción de las bolsas, lavado post ruminal y tiempo de incubación. Se basa en colocar las bolsas especiales en el animal mediante una canulación ya sea en el rumen u otro compartimento del tracto digestivo por un tiempo determinado, para posteriormente extraer las bolsitas y determinar la digestibilidad (Vargas *et al.*, 2013).

En cuanto a la digestibilidad *in vitro*, es un ensayo que se lleva a cabo en laboratorio, basado en someter una muestra de alimento a una serie de simulaciones de todas las reacciones que ocurren en el tracto digestivo del animal (Castrillo *et al.*, 2009).

#### **4.2.14. TIPOS DE DIGESTIBILIDAD**

##### **a) Digestibilidad aparente**

Es aquella digestibilidad en la cual además de considerarse el alimento no aprovechado por el animal excretado en las heces toma en cuenta fuentes endógenas provenientes de las células de descamación epiteliales, secreciones digestivas y flora microbiana (Aguirre, 2008).

Es decir, en la excreción no se diferencia el alimento no digerido y las fuentes endógenas propios del animal que contribuyen con el incremento de este valor como resultado de la utilización de los nutrientes provenientes del alimento; su cálculo resulta de la diferencia entre la cantidad de nutriente consumido y la cantidad de nutriente excretado (Church *et al.*, 2002).

##### **b) Digestibilidad real o verdadera**

También denominada como verdadera, en este tipo de digestibilidad se toma en consideración las fuentes endógenas o metabólicas, es calculada mediante la diferencia del alimento ingerido menos el alimento excretado restándole las fuentes metabólicas (Bondi, 1988).

### **4.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES**

#### **4.3.1. CUY**

Su denominación científica es *Cavia porcellus*, conocido como quwi, conejillo de indias, cobayo, curi o guinea pig; es un mamífero roedor de tamaño pequeño con una cabeza de mayor proporción en relación a su cuerpo con un tronco cilíndrico cubierto de pelos, con ojos vivaces de color negro o rojo, con extremidades cortas que terminan en dedos los cuales varían y están provisto de uñas, orejas redondas, sin cola; se clasifican por el tipo de pelaje y su conformación (Usca *et al.*, 2022).

#### **4.3.2. CEBADA**

La cebada es una planta monocotiledónea anual de la familia Poáceas (gramíneas), que incluye dos especies de gran importancia agrícola: *Hordeum distichon* L., utilizada principalmente para la producción de cerveza, y *Hordeum hexastichon* L.,

destinada principalmente como forraje para la alimentación animal; ambas especies se agrupan bajo el nombre común de *Hordeum vulgare* L. ssp. *Vulgare* (Mujica y Chura, 2012).

#### **4.3.3. RENDIMIENTO**

El rendimiento agronómico hace referencia a la cantidad de producto generado por unidad de superficie cultivada durante un periodo específico (Villalovos y Fereres, 2017). Es la producción obtenida de acuerdo a la superficie, presenta la eficiencia biológica y/o productividad de las plantas en un determinado ambiente (SENAMHI, 2012).

#### **4.3.4. DIGESTIBILIDAD**

La digestibilidad es definida como el aprovechamiento de los nutrientes a través del tracto digestivo llevado a cabo por dos procesos, la digestión donde se da la hidrólisis de las moléculas más complejas (proteínas, carbohidratos y lípidos) que compone el alimento por acción enzimática y microbiana, y la absorción de moléculas simples (aminoácidos, glucosa y ácidos grasos) (Parra y Gómez, 2009).

Mide la fracción del alimento que ha sido ingerido y no excretado, esta fracción asimilada por el animal se expresa mediante el cálculo del coeficiente de digestibilidad (Aguirre, 2008).

Además, se considera como un parámetro que permite la determinación del valor nutricional de las diferentes materias primas que componen la alimentación de los animales (McDonald *et al.*, 1999).

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

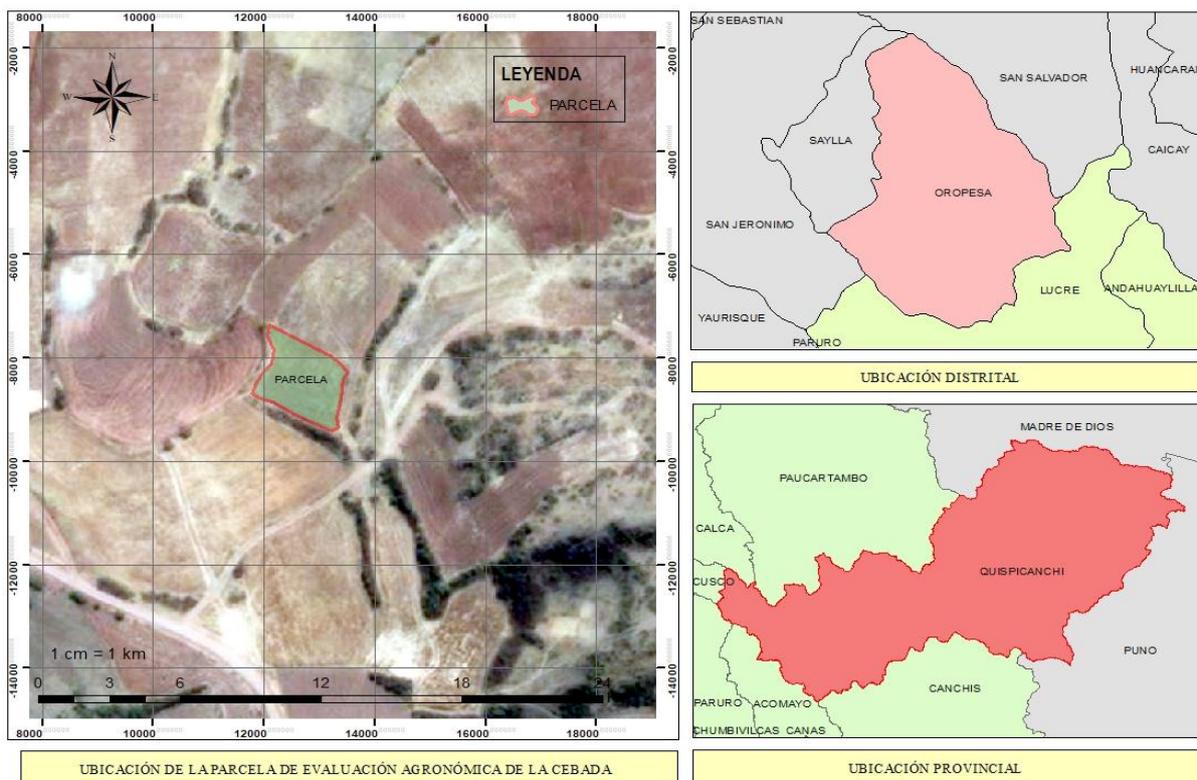
### 5.1. LOCALIZACIÓN Y ÁMBITO DE ESTUDIO

#### 5.1.1. UBICACIÓN DEL CULTIVO

La siembra del insumo a evaluar cebada (*Hordeum vulgare L.*) se realizó en la comunidad campesina de Pinagua en el sector de Huayllaran en el distrito de Oropesa, departamento del Cusco. Localizada geográficamente a 13° 34' 36" S de latitud sur y 71° 44' 01" W longitud oeste, con una altitud de 3 694 m.s.n.m.

En dicho lugar se llevó a cabo la evaluación agronómica, para posteriormente trasladar el insumo (cebada) a la Sala de Investigación en Bioenergética de Cuyes (SIBEc) y Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos.

Esta localidad presento una temperatura para los meses de marzo, abril y mayo que fluctuaron entre los 3 °C y 20 °C con una media de 12 °C, la precipitación pluvial fue de 119 mm, 53 mm y 9 mm respectivamente (Meteoblue, 2024).



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Ubicación del cultivo

### **5.1.2. UBICACIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL**

El presente trabajo de investigación se realizó en el Centro Agronómico de K'ayra, de la Facultad de Agronomía y Zootecnia, de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, en el distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco, departamento de Cusco, con una altitud de 3 202 m.s.n.m., latitud Sur 13° 33' y longitud Oeste 71° 52'. Desarrollándose la investigación en las instalaciones de la Sala de Investigación en Bioenergética de Cuyes (SIBEc) como en el Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos.

## **5.2. MATERIALES Y EQUIPOS**

### **5.2.1. MATERIAL BIOLÓGICO**

Para determinar la digestibilidad el material biológico empleado en la investigación fueron 42 cuyes machos tipo I de la línea Perú, 21 en crecimiento de 28 días de edad y 21 adultos de 42 días de edad, los pesos promedio en la etapa pre experimental fueron 551,43 g  $\pm$  29,91 g para los cuyes en crecimiento y 837,90 g  $\pm$  32,11 g para los adultos, al inicio de la fase experimental los pesos promedio se situaron en 580,33 g  $\pm$  48,68 g para los cuyes en crecimiento y 826,50 g  $\pm$  48,68 g para los adultos.

### **5.2.2. MATERIAL VEGETAL**

Cebada forrajera a tres tiempos de cosecha (45, 60 y 75 días), para lo cual se utilizó semillas de la especie cebada forrajera (*Hordeum vulgare* L.) subespecie de seis carreras (*Hordeum hexastichum* L.).

### **5.2.3. MATERIALES DE LABORATORIO**

- Bandejas de aluminio
- Bandejas de polipropileno
- Crisoles de porcelana
- Pinzas y espátulas de laboratorio
- Desecadores
- Termohigrómetro

### **5.2.4. EQUIPOS DE LABORATORIO**

- Balanza analítica (Sartorius Quintix 224-1S)
- Mufla (Protherm Furnaces ECO 110/9)
- Mufla (Nabertherm LE6/11)

- Molino de martillos (IKA, MF10 Basic)
- Molino de cuchillas (Foss Knifetec KN 295)
- Estufa de convección forzada (Binder FED720)
- Estufa de convección forzada (Mettler UF55)
- Espectrómetro infrarrojo cercano NIR (Perkin Elmer DA 7250)

### **5.2.5. MATERIALES DE CAMPO**

- Comederos de plástico
- Bebederos automáticos tipo chupón
- Jaulas metabólicas individuales 38 cm de largo x 32 cm de alto x 30 cm de ancho
- Bolsa de papel Kraft para la colección de heces y residuo
- Desinfectante
- Arpilleras
- Segadoras
- Cuadrante 50 X 50 cm
- Baldes de 20 litros
- Bolsas con cierre hermético
- Marcador indeleble
- Guantes
- Artículos de limpieza
- Contenedor
- Tijeras de podar
- Cinta métrica
- Bolsas de polipropileno
- Balanza gramera
- Sacos
- Rastrillo
- Picos
- Mangueras

## **5.3. METODOLOGÍA**

### **5.3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación fue experimental, porque consiste en la manipulación intencionada y programada de las variables independientes o causales en un

ambiente controlado de tal manera poder observar los efectos que generan en las variables dependientes o de efecto (Müggenburg y Pérez, 2007; Gallardo, 2017).

El nivel de investigación fue explicativo porque no solo se basa en la descripción, sino que pretende demostrar las causas de los conceptos o fenómenos explicando el porqué de la interacción entre las variables (Müggenburg y Pérez, 2007; Hernández *et al.*, 2014).

Y el enfoque de la investigación fue cuantitativo porque las variables en estudio serán evaluadas de forma numérica apoyándose en la estadística (Sanca, 2011; Mejía, 2005).

### **5.3.2. TRATAMIENTOS**

#### **a) Composición química del heno de cebada**

Para la evaluación de la composición química se tuvo tres tratamientos constituidos por tres tiempos de corte de cebada (45, 60 y 75 días) con tres repeticiones cada uno.

#### **b) Rendimiento agronómico**

Los tratamientos que constituyeron la evaluación del rendimiento agronómico fueron tres tiempos de corte de cebada (45, 60 y 75 días) con seis repeticiones cada uno.

#### **c) Digestibilidad**

En el presente estudio de investigación se evaluaron seis tratamientos provenientes de la combinación de tres tiempos de corte de cebada (45, 60 y 75 días) y dos edades en cuyes (crecimiento y adultos) con siete repeticiones.

**Tabla 5. Distribución de tratamientos y la relación de factor tiempo de corte y edad de cuy**

Tratamientos	Tiempo de corte	Repetición	Edad de cuy (días)	Repetición
T1	Heno de cebada a los 45 días	3	Crecimiento (28 días)	7
T2	Heno de cebada a los 45 días		Adultos (42 días)	7
T3	Heno de cebada a los 60 días	3	Crecimiento (28 días)	7
T4	Heno de cebada a los 60 días		Adultos (42 días)	7
T5	Heno de cebada a los 75 días	3	Crecimiento (28 días)	7
T6	Heno de cebada a los 75 días		Adultos (42 días)	7

### 5.3.3. PERIODO PRE EXPERIMENTAL

#### a) Preparación del terreno y siembra

La preparación del terreno consistió en la remoción del suelo, se realizó con tractor agrícola con discos permitiendo la aireación y mejoramiento de la textura del suelo, así mismo, se hizo una limpieza del terreno para eliminar malezas, piedras, entre otros, como también el rastrillado para una nivelación adecuada y desmenuzamiento de terrones grandes. Estas actividades se realizaron previo a la siembra y delimitación del terreno el cual contaba con un área total de 600 m<sup>2</sup> (30 m x 20 m). Para la siembra se utilizó un total de 6,0 kg de semilla en 600 m<sup>2</sup> realizándose mediante el método de voleo considerando que la densidad de siembra bajo este método oscila entre 80 y 100 Kg/Ha (INIA, 2013) (Figura 4).

Cabe señalar que no se realizó el análisis de suelo ni fertilización, pero si se llevó a cabo la determinación de la calidad de semilla mediante la prueba de germinación que consistió en someter un determinado número de semillas, para la presente evaluación se tomó de referencia 100 semillas además de considerar un ambiente

controlado obteniendo 87% de germinación. Para lo cual la fórmula empleada fue la siguiente:

$$PORCENTAJE DE GERMINACIÓN (\%) = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Número total de semillas sembradas}} * 100$$

Además, se midió la pureza física, basado en la exclusión de impurezas tales como tierra, residuos y semillas de otras especies; para la presente evaluación se pesaron 100 g teniendo un 80% de pureza física. Para su cálculo se aplicó la siguiente formula:

$$PUREZA FÍSICA (\%) = \frac{\text{Peso de semillas puras}}{\text{Peso total de la muestra}} * 100$$

#### **b) Acondicionamiento de las instalaciones**

Consto de un periodo de cinco días, inicialmente se realizaron adecuaciones técnicas de cuatro jaulas metabólicas, cada una de ellas con 12 compartimentos individuales cuyas medidas fueron de 38 cm de largo x 32 cm de alto x 30 cm de ancho (Figura 5), cada una provista de un bebedero automático tipo chupón y un comedero de plástico individual. Así mismo se realizaron un conjunto de medidas preventivas como parte de la bioseguridad como son la limpieza y desinfección de las instalaciones y equipos utilizados.

#### **c) Fase de adaptación de los cuyes**

La fase de adaptación tuvo una duración de cinco días y se llevó a cabo en la Sala de Investigación en Bioenergética en cuyes (SIBEc) (Figura 6), para lo cual los animales se distribuyeron al azar, el suministro del insumo a evaluar (heno de cebada a tres tiempos de corte) fue gradual iniciando en un 65% de alfalfa y 35% de heno de cebada hasta llegar al 100% de heno de cebada, permitiendo de esta manera que los animales se acostumbren a dicha dieta. Además, este periodo aseguro que los animales se adapten a las condiciones experimentales como también la eliminación el resto de alimento ingerido del tracto gastrointestinal previo al periodo experimental.

### **5.3.4. PERIODO EXPERIMENTAL**

#### **a) Cosecha y conservación en heno**

La cosecha se realizó en diferentes tiempos a los 45, 60 y 75 días de forma manual al ras del suelo con segadoras, cada corte fue almacenado en sacos los cuales fueron posteriormente trasladados a la Sala de Investigación en Bioenergética en

Cuyes (SIBEc) ubicada en el Centro Agronómico de K'ayra, seguidamente el forraje cosechado se extendió en arpilleras consiguiendo la pérdida de humedad del mismo bajo sombra, finalmente el heno fue colocado en sacos debidamente compactados, siendo almacenados hasta el inicio de la fase de adaptación (Figura 8).

#### **b) Evaluación agronómica**

Para dicha evaluación se tomaron seis muestras al azar de cada corte realizado (45, 60 y 75 días) empleando un cuadrante de 50 x 50 cm, evaluándose lo siguiente:

- **Rendimiento en materia fresca:** El rendimiento en materia fresca se obtuvo en el área cultivada al momento de realizar la cosecha, se procedió al corte de cada muestra ubicada dentro del cuadrante al ras del suelo (Figura 7), una vez obtenidas las muestras se colocaron en bolsas de polipropileno, se registraron, pesaron y se llevaron posteriormente al Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos.
- **Rendimiento en materia seca:** El rendimiento de materia seca se obtuvo a partir del rendimiento de materia fresca y el porcentaje de materia seca que se determinó en el Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos (Figura 7).

#### **c) Evaluación de la composición química**

Se tomaron 3 Kg de forraje de cebada para cada corte (45, 60 y 75 días), los cuales fueron almacenados en bolsas de polipropileno, para luego ser trasladadas al Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos, donde se llevó a cabo su evaluación. Inicialmente las muestras se picaron y fueron puestas en bolsas de papel codificadas para ser colocadas en una estufa de convección forzada a 60 °C por 48 horas consiguiendo de esta manera el secado de las muestras, por último, mediante un molino de corte se llevó a cabo un proceso de molienda. Posteriormente se analizó lo siguiente:

- **NIRS:** El análisis de la composición químico nutricional se realizó en el equipo NIRS (espectrómetro de infrarrojo cercano) basado en una metodología que relaciona la composición química de una muestra de alimento con la absorción de luz del segmento infrarrojo cercano del espectro electromagnético (Rivera y Alba, 2017). Evaluándose de esta manera la proteína cruda (PC), fibra cruda

(FB), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente acida (FDA) y minerales de los tres cortes de cebada (45, 60 y 75 días) (Figura 9).

- **Materia seca (MS):** El método empleado fue el propuesto por NFTA 2.1.4 (2006). Las muestras previamente secadas a 60 °C fueron colocadas nuevamente en una estufa de convección forzada a una temperatura de 105 °C por un tiempo de tres horas y se registró el peso (Figura 10). Se emplearon las siguientes formulas:

$$HUMEDAD (\%) = \frac{\text{Peso de muestra humeda} - \text{Peso de muestra seca}}{\text{Peso de muestra Humeda}} * 100$$

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

- **Materia orgánica (MO):** Se determinó mediante la diferencia entre la MO y cenizas, para lo cual se siguió el método AOAC 942.05, (2005), las muestras fueron colocadas en las muflas para ser sometidas a una temperatura de 600 °C durante dos horas quedando de esta manera incinerada la parte orgánica, por ende, el sobrante fue cenizas, finalmente transcurrido este proceso se realizó el pesado de las muestras calcinadas (Figura 10).

#### **d) Evaluación de la digestibilidad**

El periodo de evaluación de digestibilidad tuvo una duración de cinco días en el cual se evaluó lo siguiente (Figura 11):

- **Suministro de alimento y agua:** El alimento heno de cebada en tres tiempos de corte (45, 60, 75 días) fue ofertado durante cinco días de forma *ab libitum* en dos horarios 8:00 am y 8:00 pm, el mismo fue picado y pesado, ofreciéndoles a los adultos un total de 180 g/día mientras que para los animales en crecimiento fue de 160 g/día. El resto de alimento no consumido o residual fue colectado previamente a ofrecer el alimento en el siguiente horario, estas muestras obtenidas fueron limpiadas, pesadas, registradas y colocadas en bolsas de papel codificadas para su posterior traslado al Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos donde se realizó un secado de las mismas a 60 °C durante 48 horas. Así también se suministró agua con vitamina C de manera *ab libitum* diariamente a través de bebederos tipo chupón.

- **Consumo de alimento diario (CAD):** Para su determinación se realizó la diferencia del alimento suministrado y consumido como se observa en la siguiente fórmula:

$$\text{CAD} = \text{Alimento ofrecido} - \text{Alimento residual}$$

- **Colección de heces:** Se hizo de forma diaria antes de suministrar el alimento, para llevar a cabo dicha recolección cada jaula metabólica contaba con una malla colectora de heces, cuyo contenido posteriormente era almacenado en recipientes rotulados. Una vez realizada la colección de heces las muestras fueron limpiadas, pesadas, registradas y colocadas en bolsas de papel codificadas. Finalmente se trasladaron al Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos para su respectivo análisis, previamente a ello las muestras fueron sometidas a un secado durante 48 horas a una temperatura de 60 °C en una estufa de convección forzada, a continuación, se llevó a cabo la molienda de las mismas a través de un molino de cuchillas. Para su análisis también se siguieron los protocolos propuestos por AOAC 942.05, (2005) y NFTA 2.1.4 (2006).
- **Cálculo de los coeficientes de digestibilidad:** El método que se utilizó para determinar el coeficiente de digestibilidad fue el método directo propuesto en la siguiente ecuación (Crampton y Harris, 1974).

$$CD (\%) = \frac{\text{Nutriente ingerido (g)} - \text{Nutriente heces (g)}}{\text{Nutriente ingerido (g)}} \times 100$$

- **Variación de peso (VP):** Los animales fueron pesados al principio y al final del periodo experimental. Para lo cual se empleó la siguiente fórmula:

$$VP = \text{Peso final} - \text{Peso inicial}$$

### 5.3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

#### a) Rendimiento agronómico

Para dicha evaluación se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con tres tratamientos (T1: Cebada a los 45 días de corte, T2: Cebada a los 60 días de corte y T3: Cebada a los 75 días de corte), cada tratamiento estuvo constituido por seis repeticiones, haciendo un total de 18 unidades experimentales.

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

Donde:

$\mu$ : Media general

$T_i$ : Efecto del i-esimo tratamiento

$E_{ij}$ : Error experimental en la unidad j del tratamiento i.

### b) Composición química

Para la evaluación de la composición química se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con tres tratamientos (T1: Cebada a los 45 días de corte, T2: Cebada a los 60 días de corte y T3: Cebada a los 75 días de corte), cada tratamiento constituido por tres repeticiones, haciendo un total de nueve unidades experimentales. El modelo matemático propuesto fue el siguiente:

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

Donde:

$\mu$ : Media general

$T_i$ : Efecto del i-esimo tratamiento

$E_{ij}$ : Error experimental en la unidad j del tratamiento i.

### c) Digestibilidad

Para el análisis de la digestibilidad se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial 3 x 2. Los factores investigados fueron corte en días (a los 45, 60 y 75 días) y edad de cuyes (crecimiento y adultos) teniendo seis tratamientos con siete repeticiones haciendo un total de 42 unidades experimentales. El modelo matemático que se utilizó fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + E_j + FE_{ij} + e_{ijk}$$

$Y_{ijk}$ : Observación del efecto del tiempo de corte de la cebada en la digestibilidad en cuyes en dos edades.

$\mu$  : Media general

$F_i$  : Efecto del tiempo de corte del cultivo de cebada

$E_j$  : Efecto de la edad de cuyes

**FEij:** Interacción entre el tiempo de corte de la cebada y la edad de los cuyes  
**eijk:** Error

El programa estadístico utilizado para el procesamiento de los datos fue RStudio donde se emplearon las mismas pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas para las tres evaluaciones realizadas (rendimiento agronómico, composición química y digestibilidad). Las pruebas de homogeneidad de varianza aplicadas fueron Bartlerr, Fligner - Kiillen y Levenne y la prueba de normalidad fue Shapiro Wilks.

Así mismo se realizó la prueba de Tukey con un nivel de confianza de 95% para todas las evaluaciones, ello permitió la comparación entre promedios para determinar el nivel de significancia entre tratamientos. La fórmula de la prueba de Tukey es la siguiente:

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

**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 DISCUSIONES

### 6.1. RENDIMIENTO DE MATERIA FRESCA Y SECA A TRES TIEMPOS DE CORTE (45, 60 Y 75 DÍAS)

Para el rendimiento de materia fresca (MF) se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) entre los 75 y 60 días frente a los 45 días, no obstante, no se mostraron diferencias significativas entre los 75 y 60 días ( $p > 0,01$ ) (Anexo 2), al mismo tiempo para el rendimiento de materia seca (MS) se tuvo diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,01$ ) situándose el mayor valor a los 75 días de corte (Anexo 1). Los resultados obtenidos muestran que la producción de forraje incrementa conforme el estado fenológico avanza. En este sentido, el rendimiento tanto de MF y MS resultó mayor a los 75 días de corte con 6 126,67 y 1 783,48 Kg/ha respectivamente, mientras que el rendimiento de MF y MS a los 60 días fue de 5 300,00 Kg MF/ha y 959,04 Kg MS/ha, y 3 213,33 Kg MF/ha y 613,51 Kg/ha a los 45 días. En la Tabla 6 se observa los valores de materia seca y materia fresca para cada corte realizado.

**Tabla 6. Rendimiento de materia seca y fresca a tres tiempos de cosecha (45, 60 y 75 días)**

Rendimiento (Kg/ha)	Tiempo de corte			P-Valor
	45 días	60 días	75 días	
MF	3 213,33 ± 1 005,16 <sup>b</sup>	5 300,00 ± 623,67 <sup>a</sup>	6 126,67 ± 499,23 <sup>a</sup>	0,01
MS	613,51 ± 205,87 <sup>c</sup>	959,04 ± 212,45 <sup>b</sup>	1 783,48 ± 140,27 <sup>a</sup>	0,01

**Leyenda:** MF: Materia fresca, MS: Materia seca. <sup>a, b, c</sup> valores con letras diferentes en la misma fila son estadísticamente diferentes ( $p < 0,01$ )

En comparación con otros trabajos de investigación realizados al mismo tiempo de corte 45, 60 y 75 días, Sosa *et al.*, (2020) encontraron 1 921,00, 2 042,00 y 3 649,00 kg/ha de MS en avena, rendimientos superiores a lo obtenido en el presente estudio; por su parte, Alatraste (2012) reporta rendimientos de materia fresca así mismo de materia seca en cebada Cantabra 844, 2 100,00 y 6 487,00 kg MF/ha y 179, 618,00 y 1 718,00 kg/ha de MS, valores por debajo de lo hallado en el primer y segundo corte (45 y 60 días) pero próximo al tercer corte (75 días). Además, Meneses (2021) muestra en avena variedad Cuauhtémoc a los 41 y 69 días 657 y

916 kg/ha de MS respectivamente, no muy lejano a lo alcanzado. Wilson *et al.*, (2017) emplearon variedades de cebada de dos y seis hileras, para la variedad de seis hileras a los 43, 60 y 70 días manifiestan 650, 2000 y 4000 kg MS/ha, por encima de lo obtenido.

Por otro lado en estado fenológico grano lechoso, Flores *et al.*, (2016), encontraron un rendimiento de 3,2 t/ha de MS; Tumiri (2019) reporta al realizar tres cortes valores de 23,05 t/ha de MF en el primer corte, 18,79 t/ha de MF para el segundo y 14,17 t/ha de MF en el tercero, a su vez el rendimiento de MS fue de 4,36 t/ha, 3,81 t/ha y 2,61 t/ha correspondiente al primer, segundo y tercer corte; así mismo Cespedes (2021), realizó dos cortes determinando una producción total de 12,5 t/ha de MF en su primer corte y 10,12 t/ha de MF en el segundo, en cuanto al rendimiento de materia seca obtuvo 2,47 y 2,1 t/ha de MS respectivamente. Caldera *et al.*, (1992) alcanzaron valores de 16,06, 13,97 y 10,64 t/ha de MF y 3,83, 3,57 y 2,90 t/ha de MS; para diferentes genotipos de cebada.

Estas diferencias son atribuidas a una serie de factores entre ellos la etapa en la cual se realiza la cosecha, la variedad forrajera ya que cada una presenta distintos potenciales de producción, las condiciones climáticas como la temperatura, precipitaciones y radiación solar que inciden en el desarrollo de las plantas, el tipo de suelo, el manejo agronómico que abarca prácticas de fertilización, densidad de siembra, riego y control de malezas; como lo reportado por los siguientes autores: Sosa *et al.*, (2020), emplearon avena de variedad chihuahua además la localidad donde se llevó a cabo la evaluación fue en México habiendo variaciones tanto en las condiciones climáticas y características del suelo, de la misma manera Meneses (2021), desarrollo su trabajo experimental en México con avena variedad Cuauhtémoc, así mismo en ambas investigaciones no se realizó la fertilización, mientras que el campo experimental donde realizó su investigación Alatraste (2012), estuvo ubicado en México presentándose particularidades propias del lugar, sumado a esto hubo fertilización 64-46-00, la variedad fue cebada Cantabra y la densidad de siembra fue de 100 Kg/Ha, Wilson *et al.*, (2017), emplearon la línea Esperanza x CP CPRSC-5- 2M-2MR-7M-OMR (Esp x CP) (seis hileras) como también aplicaron fertilización 40-40-0 y la densidad fue la misma que Alatraste (2012).

Por otra parte Tumiri (2019) y Cespedes (2021) utilizaron biofertilizante biol bovino en un 30, 50 y 70% y semillas de la variedad IBTA-80 ambas evaluaciones se realizaron en la Estación Experimental Choquenaira-Bolivia, Flores *et al.*, (2016) aplicaron fertilizantes y la variedad empleada fue cebada capuchona, con respecto a Caldera *et al.* (1992), destinaron cinco genotipos de cebada forrajera XV-9054-5R-3C-3R-ORV, PNCCV-75-117-2C-1-0RV, Cerro Prieto, M-9554-I y M-9620-8 las cuales fueron provistas de fertilización 40-40-0 y una densidad de 100 kg/Ha en la siembra; mientras que en el presente trabajo de investigación no se realizó la fertilización. Las condiciones climáticas fueron distintas y en comparación con los estudios en estado grano lechoso, los cortes realizados se situaron en la etapa vegetativa y reproductiva.

## **6.2. COMPOSICIÓN QUÍMICO NUTRICIONAL DE LA CEBADA A TRES TIEMPOS DE CORTE (45, 60 Y 75 DÍAS) BASE SECA**

El contenido porcentual de proteína cruda y extracto etéreo presentaron diferencias significativas ( $p < 0,01$ ), mostrándose a los 45 días de corte una media significativamente mayor en comparación a los 60 y 75 días de corte (Anexo 3 y 4), de igual forma para la fibra cruda (FC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se mostraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,01$ ) entre los tres periodos de cosecha siendo menores entre los 60 y 75 días de corte (Anexo 5, 6 y 7). Al mismo tiempo en el contenido de materia orgánica (MO) y cenizas se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) para el primer corte (45 días) más no hubo diferencias significativas ( $p > 0,01$ ) entre los 60 y 75 días de corte (Anexo 8 y 9), así también, hubo diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) para los minerales Ca y P en los tres cortes (Anexo 10 y 11). La Tabla 7 muestra los resultados del análisis químico nutricional en tres momentos de corte (45, 60 y 75 días).

El promedio de contenido de proteína fue disminuyendo progresivamente hasta el tercer corte, mostrándose de esta manera 19,72% de proteína en la primera cosecha, seguido de la segunda con 15,32% y 13,08% para la tercera, dichas concentraciones están asociadas a la edad del forraje, esta misma tendencia siguió el porcentaje de materia grasa yendo desde los 3,26%, 2,73% hasta los 2,63%, de

igual modo los minerales calcio y fosforo, así mismo el mayor porcentaje de FC, FDN y FDA lo obtuvo el primer corte.

**Tabla 7. Composición nutricional de cebada en base seca (%) a los 45, 60 y 75 días**

Componente (%)	Tiempo de corte			P- valor
	45 días	60 días	75 días	
PC	19,72 ± 0,22 <sup>a</sup>	15,32 ± 0,11 <sup>b</sup>	13,08 ± 0,32 <sup>c</sup>	0,01
EE	3,25 ± 0,02 <sup>a</sup>	2,73 ± 0,03 <sup>b</sup>	2,63 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,01
FC	21,60 ± 0,14 <sup>a</sup>	17,71 ± 0,12 <sup>c</sup>	18,24 ± 0,14 <sup>b</sup>	0,01
FDN	60,82 ± 0,25 <sup>a</sup>	49,01 ± 0,11 <sup>b</sup>	47,17 ± 0,38 <sup>c</sup>	0,01
FDA	37,65 ± 0,18 <sup>a</sup>	28,59 ± 0,07 <sup>b</sup>	27,66 ± 0,29 <sup>c</sup>	0,01
Cenizas	11,38 ± 0,12 <sup>a</sup>	8,66 ± 0,00 <sup>b</sup>	8,08 ± 0,04 <sup>c</sup>	0,01
MO	88,64 ± 0,05 <sup>c</sup>	91,32 ± 0,02 <sup>b</sup>	91,95 ± 0,06 <sup>a</sup>	0,01
Ca	0,56 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,40 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,35 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,01
P	0,58 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,45 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,38 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,01

**Leyenda:** PC: Proteína cruda, EE: Extracto etéreo, FC: Fibra cruda, FDN: Fibra detergente neutro, FDA: Fibra detergente ácido, MO: Materia orgánica, Ca: Calcio, P: Fosforo. <sup>a, b, c</sup> valores con letras diferentes en la misma fila son estadísticamente diferentes (p<0,01)

A los 45 días de cosecha el contenido proteico revelo un 19,72% cerca a lo obtenido por Mendoza *et al.*, (2021) quienes también realizaron la evaluación a los 45 días de corte en avena con un contenido de 20,5%, en cuanto a la FDN y FDA se tuvo 60,82% y 37,65% respectivamente, valores superiores a los reportados por el mismo autor 39,7% de FDN y 23,6% para la FDA, por otro lado, encontraron menor porcentaje de ceniza y extracto etéreo 10,4% y 2,0% frente a 11,38 % y 3,26%.

A los 60 días, la proteína fue de 15,32%, en comparación a otros estudios reportados al mismo tiempo de corte, Mendoza *et al.* (2021), exhiben 19,5% para la avena, resultados elevados a los encontrados, pero similar a lo reportado por Bemhaja (1996), 15,1% PC y Dumont *et al.* (2005), 16,6% PC en elongación de tallo, sin embargo, los contenidos de FDN y FDA fueron menores en ambas variedades de avena en estudio 41,9 % y 24,5% para la variedad Chihuahua y 36,4% FDN y 18,7% FDA para la variedad INIA Tucana a diferencia de 49,01% y 28,60%. (Mendoza *et al.*, 2021; Dumont *et al.*, 2005), también evaluaron el extracto etéreo y cenizas, teniendo un valor para el EE de 1,7% y 3,9% respectivamente en

contraste a 2,37%, no obstante el contenido de ceniza fue mayor 10,4% y 11,0% frente a 8,66%, mientras que Chavez y Martinez (2008) exponen valores para el sorgo de 14,60% de proteína, 2,59% de EE y 10,18% de ceniza, nutrientes no muy lejanos a los obtenidos, por el contrario el porcentaje de fibra cruda 27,61% fue notablemente mayor al de la cebada con 17,71%.

La cebada cosechada a los 75 días mostró 13,08% de proteína, entre tanto Mendoza *et al.*, (2021), en avena determinan 14,7% de PC ligeramente superior a lo alcanzado, no obstante los porcentajes de FDN y FDA fueron más bajos 47,18% y 27,66% frente a 51,1% y 29,9%, por su parte el contenido de cenizas (8,7%) se mostró semejante a lo analizado (8,08%), finalmente el contenido de EE logrado (2,36%) fue superior a 1,7%; del mismo modo Chavez y Martinez (2008) evalúan el aporte nutricional a los mismos días de corte en sorgo obteniendo 26,31% de FC por encima de la cebada, a diferencia de la PC 11,87%, EE 1,75% y ceniza 9,16% que estuvieron por debajo de lo analizado. A su vez Mancipe *et al.*, (2021), a los 72 días en dos variedades de cebada determinan 23,1% y 23,9% de PC, 11,0 % de cenizas valores por encima de los obtenidos en la presente investigación, sin embargo, los porcentajes de FDN 48,7% y 47,4% como FDA 23,6% y 22,8% mostraron similitud, en lo que se refiere al calcio y fósforo los valores fueron menores 0,31% y 0,32% mientras que en la variedad empleada 0,40% y 0,45%.

Además, Ramírez *et al.*, (2013), encontraron las siguientes medias para el heno de avena en cinco variedades en la etapa de embuche 17,4% PC, 57,1% FDN y 32,8% FDA, concentraciones mayores a los 75 días de corte en la cebada, por el contrario, Maekawa y Fantino (2010) en dos variedades de cebada forrajeras Mariana y Rayen observan 12,65% y 8,27% de PC, 42,07% y 45,25% de FDN, 22,07% y 25,52% de FDA contenidos sin diferencias tan marcadas al presente estudio.

Agregado a lo anterior otras investigaciones en grano lechoso pastoso publican lo siguiente, Maekawa y Fantino (2010) muestran niveles de acumulación de proteína para la variedad Mariana y Rayen de 10,2% y 7,27% PC, entre tanto para la FDN 50,82% para Mariana y 53,23% para Rayen; y valores de FDA 22,9% y 29,82% respectivamente, Mancipe *et al.*, (2021) para la variedad RADICAL/BIRGIT//ICB-100811 ICBH94-0420-OAP-14AP-OAP 13,3% PC, 58,1% FDN, 31,7% FDA, 10,0% de cenizas, 0,26% Ca y 0,22% P.

Por otro lado, Hernandez (2004), para la proteína y grasa manifiesta 6,98% PC y 2,36% EE para la variedad Buenavista 1980 en estado de madurez.

De lo anteriormente expuesto se concluye que estas variaciones se deben a diversas causas entre ellas se tienen factores asociados a la planta como la variedad genética y etapa o estado fenológico de la planta, otros relacionados con el medio ambiente y al manejo (Pirela, 2006; Bernal, 1994).

Algunas investigaciones indican que el momento óptimo de corte es cuando el forraje se encuentra en grano masoso logrando un mayor rendimiento de biomasa Sosa *et al.*, (2020); sin embargo, la mejor calidad nutricional se consigue en la elongación de tallo donde el contenido proteico es mayor (Espitia *et al.*, 2012; Wilson *et al.*, 2017).

### **6.3. CONSUMO DE MATERIA SECA (CMS) Y MATERIA ORGÁNICA (CMO) CON RELACIÓN AL TIEMPO DE CORTE Y EDAD DE ANIMAL**

Los resultados obtenidos indican que no se muestran diferencias estadísticas ( $p > 0,05$ ) en el consumo de materia seca (MS) y materia orgánica (MS) para cada corte realizado, sin embargo, se presentan diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) para la edad del animal. Entre tanto la interacción entre días de corte (C) y edad del animal (E) no fue estadísticamente significativa ( $p > 0,05$ ) sugiriendo que no hay un efecto entre las edades de cuyes alimentados con forraje bajo diferentes tiempos de corte (Anexo 12 y 13). Estos valores se detallan en la Tabla 8.

Los consumos de materia seca según el tiempo de corte (45, 60 y 75 días) fueron de 122,82, 122,76 y 123,05 g/día respectivamente, siendo ligeramente mayor a los 75 días, entre tanto los consumos de materia orgánica fueron, 108,13 g/día para el primer corte, 112,07 g/día para el segundo y 114,60 para el tercero, mostrándose valores levemente superiores para el corte a los 75 días.

En lo que respecta a la edad del animal, se observan consumos de 113,93 g/día de MS y 103,47 g/día de MO para los animales en etapa de crecimiento y 131,82 g/día de MS y 119,72 g/día de MO para los adultos, revelando que hay un consumo mayor para cuyes en etapa adulta. Estas diferencias son atribuidas a la edad, un cuy adulto que ha completado de desarrollar su sistema digestivo tiene una mayor capacidad digestiva que le permite el consumo de mayores volúmenes de alimento

en comparación a un animal en crecimiento que viene completando su desarrollo (Cañas 1995, citado por Condori, 2023).

Al contrastar estos resultados con los del estudio de Amaguaña (2012), quien evaluó el forraje verde hidropónico de cebada con fertilización orgánica en cuyes de tres meses de edad se observaron valores inferiores (51,64 g/día de MS) a los del presente estudio, de manera similar, Casa (2008) con la utilización del forraje verde hidropónico de cebada en la alimentación de los cuyes obtuvo (43,1 MS g/día), por debajo de lo hallado.

Por otro lado, García *et al.*, (1999) en conejos alimentados con 47% de inclusión de cebada a una dieta basal obtuvieron un valor de 130,4 g, superando lo hallado, sin embargo, Pérez *et al.*, (2009) encontró valores inferiores a lo determinado, obteniendo 109,0 g/día en gazapos al sustituir 30% de la dieta basal con cebada.

Herrera y Núñez (2007), al utilizar forraje verde hidropónico de cebada en el engorde de cuyes, obtuvieron un consumo promedio de 56,05 g de MS por animal al día, valores inferiores a lo hallado; Loa *et al.*, (2021), emplearon forraje verde hidropónico de cebada combinado con concentrado en cuyes de recría, reportando un consumo de 47,8 g de MS por día; situándose estos valores por debajo a los encontrados en el presente estudio; Loa *et al.*, (2021) señalaron que la variabilidad en los niveles de consumo entre ambos estudios podría estar influenciada por diversos factores, tales como las condiciones climáticas, las fluctuaciones de temperatura, la duración del experimento y el grado de adaptación de los animales a la dieta proporcionada, además el comportamiento alimenticio de los cuyes durante el periodo de evaluación podría haber tenido un impacto considerable en las diferencias observadas.

De igual manera, se reporta valores inferiores a los obtenidos en el presente estudio, como lo señala Saavedra (2018) al evaluar el efecto del forraje verde hidropónico (FVH) de tres variedades de cebada (INIA 411 San Cristóbal, Grigñon e INIA Moronera) en cuyes de recría, mostrando un consumo de materia seca de 47,40, 50,60 y 42,10 g/día, respectivamente; un hallazgo similar se observa en el trabajo de Taboada (2022), quien registró un consumo de 36,8 g/día de MS al comparar diferentes sistemas de alimentación en cuyes utilizando FVH de cebada, esta diferencia entre los resultados puede atribuirse a variaciones en las

condiciones experimentales como las condiciones ambientales o las características específicas del forraje.

Sumado a lo anterior, Vidaurre *et al.*, (2020), al evaluar el reemplazo parcial de maíz por cebada grano en el alimento balanceado integral sobre el rendimiento productivo de cuyes en la etapa de crecimiento, reportan valores inferiores a los alcanzados en la presente investigación, mostrando resultados para consumos de 50,10, 50,60 y 52,20 de MS g/día, correspondientes a niveles de reemplazo de 10, 20 y 40%, respectivamente.

**Tabla 8. Consumo de materia seca (MS) y materia orgánica (MO) en relación al tiempo de corte de cebada (45, 60 y 75 días) y edad de cuy (crecimiento y adultos)**

Componente	Corte en días (C)			Valor	Edad del animal (E)		Valor	Valor
	45 días	60 días	75 días	p	Crecimiento	Adulto	P	C X E
CMS (g/dia/cuy)	122,82 ± 11,81 <sup>a</sup>	122,76 ± 10,90 <sup>a</sup>	123,05 ± 10,94 <sup>a</sup>	0,993	113,93 ± 6,75 <sup>b</sup>	131,82 ± 5,67 <sup>a</sup>	0,001	0,984
CMS, % PV	17,48 ± 2,16 <sup>a</sup>	16,13 ± 1,48 <sup>b</sup>	16,91 ± 1,90 <sup>a</sup>	0,001	18,46 ± 1,25 <sup>a</sup>	15,22 ± 0,60 <sup>b</sup>	0,001	0,113
CMO (g/dia/cuy)	108,13 ± 10,39 <sup>b</sup>	112,07 ± 9,96 <sup>ab</sup>	114,60 ± 10,19 <sup>a</sup>	0,863	103,47 ± 6,51 <sup>b</sup>	119,72 ± 6,00 <sup>a</sup>	0,001	0,841
CMO, % PV	15,35 ± 1,83 <sup>ab</sup>	14,73 ± 1,35 <sup>b</sup>	15,75 ± 1,76 <sup>a</sup>	0,002	16,73 ± 1,01 <sup>a</sup>	13,82 ± 0,54 <sup>b</sup>	0,001	0,176

**Leyenda:** CMS: Consumo de materia seca; CMO: Consumo de materia orgánica; CMS,% PV: Consumo de materia seca por peso vivo; CMO,% PV: Consumo de materia orgánica por peso vivo <sup>a, b</sup>: Medias con letras diferentes en la misma fila muestran diferencias estadísticas significativas (p<0,05). C X E: Interacción entre el factor C (Corte en días) y el factor E (Edad)

#### 6.4. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD APARENTE DE MATERIA SECA Y MATERIA ORGÁNICA DE HENO DE CEBADA A LOS 45, 60 Y 75 DÍAS DE CORTE

En los resultados obtenidos para los coeficientes de digestibilidad de materia seca y materia orgánica no se encontró influencia por el tiempo de corte, no habiendo diferencias estadísticamente significativas entre sí ( $p > 0,05$ ) (Anexo 14 y 15). Estos valores se observan en la Tabla 9.

**Tabla 9. Coeficiente de digestibilidad de materia seca (MS) y materia orgánica (MO) en heno de cebada a los 45, 60 y 75 días**

Coeficiente de digestibilidad	Corte en días			Valor p
	45 días	60 días	75 días	
DMS (%)	90,00 ± 1,75 <sup>a</sup>	90,74 ± 1,36 <sup>a</sup>	89,76 ± 1,67 <sup>a</sup>	0,250
FDMS (g)	110,54 ± 10,99 <sup>a</sup>	111,26 ± 9,11 <sup>a</sup>	110,29 ± 8,47 <sup>a</sup>	0,086
DMO (%)	89,52 ± 1,90 <sup>a</sup>	90,63 ± 1,41 <sup>a</sup>	89,74 ± 1,75 <sup>a</sup>	0,191
FDMO (g)	96,81 ± 9,74 <sup>b</sup>	101,45 ± 8,25 <sup>a</sup>	102,69 ± 7,88 <sup>a</sup>	0,002

**Leyenda:** DMO: Digestibilidad de materia orgánica, DMS: Digestibilidad de materia seca; FDMS: Fracción digerida de materia seca, FDMO: Fracción digerida de materia orgánica. <sup>a,b</sup> valores con letras diferentes en la misma fila son estadísticamente diferentes ( $p < 0,05$ )

En el presente estudio, la digestibilidad de la materia seca (MS) fue de 90,00%, 90,74% y 89,76% para los cortes a los 45, 60 y 75 días, respectivamente. A su vez, los valores de digestibilidad de la materia orgánica (MO) fueron de 89,52%, 90,63% y 89,74% para los mismos días de corte, destacándose ligeramente el corte a los 60 días del primer y tercer corte.

González (2016), para cebada a los 66 y 80 días post siembra mediante el método de digestibilidad *in vitro* determinó digestibilidad para materia seca de 84,00% y 81,00%, no muy lejano de lo hallado; así mismo, Amaguaña (2012) evaluó la digestibilidad aparente del forraje verde hidropónico de cebada a los 15 días de edad con fertilización mineral y orgánica para la alimentación de cuyes obteniendo un 81,41% y 78,54% de digestibilidad de MS respectivamente, valores elevados como los obtenidos; por otro lado, Pellegrini *et al.*, (2018), realizaron un estudio en yeguas adultas alimentadas con forraje de avena en estado vegetativo temprano

manifestando 87,3% de digestibilidad, similar a lo determinado. Como se aprecia estos estudios exhiben resultados no muy lejanos a los obtenidos con cebada a los días de corte anteriormente expuestos debido a que la planta forrajera fue evaluada en edades tempranas, como menciona Bondi (1988) dentro de los factores que inciden en la digestibilidad se encuentra la madurez fisiológica de las mismas.

Goić y Thiermann (1986) evaluaron la digestibilidad de heno de cebada en dos estados fenológicos espigadura y grano lechoso en terneros realizando una digestibilidad *in vitro*, teniendo valores superiores en espigadura (65,1%) que en grano lechoso (57,0%), inferior a lo hallado; mientras que Valiente *et al.*, (2001) en ovejas adultas con una dieta constituida por cebada en estado maduro basada en paja y grano en las siguientes proporciones 40/60 exhiben 66,5% de digestibilidad de materia seca y 68,3% de materia orgánica, de la misma manera los valores se encuentran por debajo de lo obtenido. Estos resultados son inferiores a los reportados, esta diferencia es atribuida al estado fenológico en los cuales se hicieron las evaluaciones, ya que en estos estudios se evaluaron estados fenológicos avanzados en comparación a la presente investigación donde la cebada fue evaluada en estadios tempranos.

#### **6.5. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD APARENTE DE MATERIA SECA Y MATERIA ORGÁNICA DE HENO DE CEBADA EN RELACIÓN A LA EDAD DEL CUY (CRECIMIENTO Y ADULTOS)**

Referente a los coeficientes de digestibilidad aparente de materia seca y materia orgánica no se presentaron diferencias estadísticas ( $p > 0,05$ ) (Anexo 14 y 15) entre edades (crecimiento y adultos), por el contrario, la fracción digerida tanto de materia seca como orgánica fue significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) en animales adultos que en los de crecimiento (Tabla 10).

La digestibilidad de materia seca es similar en animales en crecimiento y adultos 90,14% y 90,20% respectivamente, de la misma manera para la materia orgánica 89,98% en crecimiento y 89,95% en adultos. Esto se debe al desarrollo gastrointestinal, enzimático y microbial con respecto a la edad del animal que sigue un proceso gradual, es decir que los cuyes al llegar a la etapa de crecimiento ya pasaron la etapa de destete donde iniciaron una dieta con inclusión de forraje, lo cual conlleva que tanto la microbiota como enzimas se hayan incrementado y

diversificado, entre tanto el tracto gastrointestinal tiene un mejor desarrollo, no habiendo diferencias tan marcadas como con edades anteriores (neonatos y destetados), sin embargo la máxima eficiencia y desarrollo anatómico fisiológico se logra cuando son adultos (Romero y Ruiz, 2004).

**Tabla 10. Coeficientes de digestibilidad aparente de materia seca y materia orgánica en relación a la edad del cuy**

Coeficiente de digestibilidad	Edad		P - Valor
	Crecimiento	Adulto	
DMS (%)	90,14 ± 1,52 <sup>a</sup>	90,20 ± 1,77 <sup>a</sup>	0,903
FDMS (g)	102,68 ± 5,43 <sup>b</sup>	118,72 ± 8,85 <sup>a</sup>	0,001
DMO (%)	89,98 ± 1,94 <sup>a</sup>	89,95 ± 1,53 <sup>a</sup>	0,953
FDMO (g)	93,05 ± 5,62 <sup>b</sup>	107,59 ± 4,13 <sup>a</sup>	0,001

**Leyenda:** DMO: Digestibilidad de materia orgánica, DMS: Digestibilidad de materia seca, FDMS: Fracción digerida de materia seca, FDMO: Fracción digerida de materia orgánica. <sup>a, b</sup> valores con letras diferentes en la misma fila son estadísticamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Carhuallanqui (2021), en cuyes de ocho semanas de edad con un peso de 750 g alimentados con forraje verde hidropónico (FVH) de cebada, encontró 77,60% de digestibilidad en materia seca y 76,75% de digestibilidad en materia orgánica, por debajo de los valores obtenidos. Así mismo Cuenca *et al.*, (2023) al suministrar FVH de avena en cuyes destetados con un peso de 350 g, la digestibilidad de materia seca fue de 81,46%, inferior a lo determinado en el presente estudio. Bondi (1988), menciona que estas diferencias pueden ser atribuidas a la composición química del forraje, factores propios del animal como condiciones ambientales.

Souza y Dos Santos (2002), en ovinos adultos machos castrados de la raza Manchega al suministrar una ración en base a paja de cebada exhiben valores de digestibilidad de 43,86% para MS y 46,74% para MO, valores inferiores a lo obtenido; por su parte Torres *et al.*, (2009), para la paja de avena, utilizando métodos de digestibilidad *in situ* e *in vitro* reportan digestibilidades de materia seca 34,7% y 29,3% respectivamente para ovinos machos de dos años de la raza merino; coeficientes de digestibilidad notablemente inferiores a lo hallado con estados vegetativos tempranos. Esta variabilidad se debe a la especie animal ya que la anatomía como fisiología es distinta, además el insumo evaluado se

encuentra en estado maduro predominando la pared celular cuyo componente principal es la fibra cruda que es menos digerible (Huarco, 2012; McDonald *et al.*, 1999).

En añadidura Oruro (2023), con una dieta basal e inclusión de 40% de cebada grano en un en cuyes machos en crecimiento exhibe una digestibilidad de 77,40% en MS y 78,83% en MO mientras que en adultos fue 79,50% en MS y 80,90%, valores elevados, sin embargo, inferiores a lo determinado. En otros estudios realizados en porcinos Reis *et al.*, (2005), en lechones de 21 días de edad sustituyeron la dieta base en un 54% con grano de avena teniendo como resultado una digestibilidad de 72,6%, inferior a lo obtenido; Garin *et al.*, (2007), emplearon cerdos en engorde para la evaluación de la digestibilidad del grano de cebada molido teniendo como resultado 83,08% de digestibilidad para MS y 84,85% para MO, no muy lejano a lo hallado. Núñez *et al.*, (2008), en caballos mestizos adultos con 45% de inclusión de grano de avena obtuvieron 85,3% de digestibilidad en materia seca, valores no muy lejanos a lo determinado. Flores *et al.*, (2003) quienes realizaron estudios en corderos destetados de raza manchega con una alimentación en base a cebada grano, obtuvieron un 78,1% para la digestibilidad en materia seca y 81,0% materia orgánica, valores inferiores a lo obtenido.

Los valores obtenidos para los trabajos mencionados son menores a lo analizado, sin embargo, son coeficientes de digestibilidades elevados. Estas discrepancias tienen una relación directa con el procesamiento del alimento y el factor animal como es la especie (McDonald *et al.*, 1999).

#### **6.6. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD APARENTE DE MATERIA SECA (MS) Y MATERIA ORGÁNICA (MO) DE HENO DE CEBADA EN RELACIÓN A LA INTERACCIÓN ENTRE EL TIEMPO DE CORTE Y LA EDAD DEL ANIMAL**

En lo que concierne a la interacción entre los factores C (corte a diferentes edades) y E (edad de cuyes) para los coeficientes de digestibilidad de materia seca y materia orgánica no se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) (Anexo 14 y 15), esto sugiere que la cebada cosechada a los 45, 60 y 75 días es utilizada de igual manera en cuyes en crecimiento y adultos, no habiendo variaciones según la edad. Los resultados se detallan en la Tabla 11.

Auccacusi y Huallpa (2024) en una investigación semejante determinaron el efecto de tiempo de corte del pasto Guatemala y edad de cuy (destetados y adultos) sobre la digestibilidad de materia seca y orgánica no encontrando diferencias significativas, concluyendo de esta manera que no existe una interacción entre ambos factores, semejante a lo que se obtuvo en el presente estudio con cebada y cuyes en crecimiento y adultos.

**Tabla 11. Efecto del tiempo de corte del heno de cebada (45, 60 y 75 días) sobre la digestibilidad aparente de materia seca y orgánica en la edad de cuyes (crecimiento y adultos)**

Coeficiente de digestibilidad	Corte en días (C)			P – Valor	Edad (E)		P – Valor	P - Valor C x E
	45	60	75		CreCIMIENTO	Adulto		
DMS (%)	90,00 ± 1,75 <sup>a</sup>	90,74 ± 1,36 <sup>a</sup>	89,76 ± 1,67 <sup>a</sup>	0,250	90,14 ± 1,52 <sup>a</sup>	90,20 ± 1,77 <sup>a</sup>	0,903	0,155
FDMS (g)	110,54 ± 10,99 <sup>a</sup>	111,26 ± 9,11 <sup>a</sup>	110,29 ± 8,47 <sup>a</sup>	0,086	102,68 ± 5,43 <sup>b</sup>	118,72 ± 8,85 <sup>a</sup>	0,001	0,841
MS en heces (g)	12,28 ± 2,30 <sup>a</sup>	11,49 ± 2,32 <sup>a</sup>	12,76 ± 2,98 <sup>a</sup>	0,373	11,25 ± 2,34 <sup>b</sup>	13,10 ± 2,45 <sup>a</sup>	0,016	0,258
DMO (%)	89,52 ± 1,90 <sup>a</sup>	90,63 ± 1,41 <sup>a</sup>	89,74 ± 1,75 <sup>a</sup>	0,191	89,98 ± 1,94 <sup>a</sup>	89,95 ± 1,53 <sup>a</sup>	0,953	0,149
FDMO (g)	96,81 ± 9,74 <sup>b</sup>	101,45 ± 8,25 <sup>a</sup>	102,69 ± 7,88 <sup>a</sup>	0,002	93,05 ± 5,62 <sup>b</sup>	107,59 ± 4,13 <sup>a</sup>	0,001	0,931
MO en heces (g)	11,33 ± 2,14 <sup>a</sup>	10,62 ± 2,19 <sup>a</sup>	11,90 ± 2,83 <sup>a</sup>	0,328	10,43 ± 2,21 <sup>b</sup>	12,13 ± 2,34 <sup>a</sup>	0,019	0,254

**Leyenda:** DMO: Digestibilidad de materia orgánica, DMS: Digestibilidad de materia seca, FDMS: Fracción digerida de materia seca, FDMO: Fracción digerida de materia orgánica. <sup>a, b</sup> valores con letras diferentes en la misma fila son estadísticamente diferentes (p<0,05). C X E: Interacción entre el factor E (Corte en días) y el factor E (Edad)

## VII. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en la presente investigación concluimos lo siguiente:

- El rendimiento de forraje está asociado a la etapa de cosecha mostrándose a inicios del crecimiento un menor rendimiento (3 213,33 Kg MF/ha y 613 Kg MS/ha), el cual fue incrementando progresivamente los 60 días (5 300,00 Kg MF/ha y 959 Kg MS/ha), siendo mayor a los 75 días de corte con 6 126,67 Kg MF/ha y 1 783,48 Kg/ha de MS.
- Existe una relación entre el aporte nutricional y la etapa de madurez del forraje, de tal manera que a los 45 días de corte el contenido proteico fue de 19,72% disminuyendo gradualmente hasta llegar a los 75 días a un 13,08% PB, el extracto etéreo siguió esta misma línea, en cuanto al porcentaje de fibra cruda fue menor a los 60 días de corte con 17,71%, por otro lado, el contenido de materia orgánica fue menor en el primer corte frente al segundo y tercero.
- No se encontraron diferencias para consumo de materia seca y materia orgánica en los tres tiempos de corte, sin embargo, en relación a la edad del animal el mayor consumo fue en adultos con 131,82 g/día de MS y 119,72 g/día de MO.
- Los coeficientes de digestibilidad aparente de materia seca (MS) y materia orgánica (MO) en relación al tiempo de corte y edad del animal fueron semejantes para los tres cortes de cebada (45,60 y 75 días), además no se presentaron interacción entre ambos factores.

## VIII. RECOMENDACIONES

- La obtención de los resultados permite sugerir la utilización de cebada en base a los objetivos productivos que se pretenda alcanzar, tales como la calidad nutricional considerando los requerimientos nutricionales de los cuyes en base a su estado fisiológico como el rendimiento productivo; de tal manera si el objetivo principal es un mayor rendimiento productivo por hectárea el corte a los 75 días post siembra será el más adecuado, no obstante si se busca conseguir un forraje de calidad el mejor corte se muestra a los 45 días, así mismo, el balance tanto de calidad como rendimiento se logra a los 60 días.
- Evaluar tiempos de corte más avanzando a los 75 días, para observar a los cuantos días post siembra la digestibilidad se ve afectada, de esta manera optimizar la utilización de este forraje.
- Evaluar los parámetros productivos en esta especie tales como rendimiento de carcasa, peso al nacimiento, conversión alimenticia, entre otros; bajo la alimentación con cebada, así mismo, los costos de producción relacionados a la alimentación.
- Realizar la aplicación de fertilización orgánica o mineral para evaluar de qué manera inciden el rendimiento productivo como en la composición químico nutricional.
- Realizar la evaluación de la digestibilidad de cebada como forraje en otras especies animales.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

- A.O.A.C. (2005). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists International. Association of Official Analytical Chemist.* 18th Edition.
- AAFCO. (2000). Association of American Feed Control Officials –. *Official Publications. Assistance Secretary-Treasuere. Indiana, USA.*
- Aguilar, I. M., Palza, E. I., Condor, N. A., Limache, I. V., & Argota, G. (2024). Peso total de cuyes en condiciones de alimentación con forraje verde hidropónico de cebada, maíz chala y concentrado. *Cuban Journal of Agricultural Science.* Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2079-34802024000100004&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802024000100004&lng=es&tlng=es)
- Aguirre, M. J. (2008). Determinación de la composición química y el valor de la energía disgestible a partir de las pruebas de digestibilidad en alimentos para cuyes. *Tesis para optar título de Inegniero Zootecnista.* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamaba.Ecuador.
- Alatraste, J. T. (2012). Comportamiento productivo y crecimiento de cereales de invierno con fines forrajeros en zonas semiáridas. *Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista.* Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Amaguaña, F. (2012). Evaluación de los forrajes hidropónicos de cebada (*Hordeum vulgare*) y trigo (*Triticum Vulgare* I) en condiciones de fertilización orgánica y mineral en la alimentación de cuyes (*Cavia Porcellus*). *Tesis para optar al Título de Ingeniero Zootecnista.* Universidad de Nariño.
- Auccacusi, Q. L., & Huallpa, A. F. (2024). Valoración nutricional y digestibilidad del pasto guatemala (*Tripsacum laxum*) a tres tiempos de corte en cuyes (*Cavia porcellus*). *Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista.* Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco.Perú.
- Ball, D. M., Collins, G. D., Lacefield, N. P., Martin, D. A., Merkens, K. E., Olson, D. H., . . . Wolf, M. W. (2001). *Understanding forage quality.* American Farm Bureau Federation.

- Bemhaja, M. (1996). *Nia Carace Triticale*. Montevideo -: Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA. Obtenido de <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2982/1/111219240807135313.pdf>
- Beratto, M. E. (2006). *Cebada y Avena*. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/36411/NR27593.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bernal, E. J. (1994). *Pasto y forrajes tropicales*. Colombia: Tercera edición.
- Bondi, A. A. (1988). *Nutrición Animal*. Zaragoza (España): Acribia S.A.
- Bothmer, R., Hintum, T., Knüpffer, H., & Sato, K. (2003). *Diversity in Barley (Hordeum vulgare)*. Primera edición. Elsevier Science.
- Caldera, A. H., Baltazar, R. G., & Baltazar, R. F. (1992). Evaluación de 5 genotipos de cebada forrajera y su impacto como cultivo alternativo en calera, zacateca. *Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo*. Universidad de Guadalajara, Guadalajara.
- Calderon, G., & Cazares Imbaqui, E. (2011). Evaluación del comportamiento productivo de cuyes (*Cavia Porcellus*) en las etapas de crecimiento y engorde, alimentados en bloques nutricionales en base a paja de cebada y alfarina. *Tesis para optar el Título de Ingeniero Zootecnista*. Universidad Técnica del Norte.
- Calvo, D. (2016). Selección de nuevas líneas de cebada Imberbe por su comportamiento forrajero a partir de las fracciones : Tallos, hojas, espigas y rendimiento de grano. *Tesis para optar Título de Ingeniero Agrónomo*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.
- Campuzano, D. L., Avendaño, A. D., & Luque, S. N. (2022). Comportamiento productivo y estabilidad fenotípica de *Hordeum vulgare* L. *Agronomia Mesoamericana*, 33(1). doi:Doi:10.15517/am.v33i1.44392
- crampton, E. W., & Harris, L. E. (1975). *Applied Animal Nutrition*. Editorial Acribia. España.

- Carbajal, C. C. (2015). Evaluación preliminar de tres alimentos balanceados para cuyes (*Cavia Porcellus*) en acabado en el Valle Mantaro. *Tesis para optar el Título a Ingeniero Zootecnista*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima-Perú.
- Cardona I., J. L., Portillo López, P. A., Carlosama Ojeda, L. D., Vargas Martínez, J., Avellaneda Avellaneda, Y., Burgos Paz, W. O., & Patiño Burbano, R. E. (2020). *Importancia de la alimentación en el sistema productivo del cuy*. Colombia: Editorial Agrosavia.
- Carhuallanqui, L. E. (2021). Determinación de la digestibilidad y energía digestible de forraje verde hidropónico de cebada (*Hoderum vulgare*) en cuyes (*Cavia porcellus*). *Tesis para optar el Título a Ingeniero Zootecnista*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima.Perú.
- Casa H., C. R. (2008). Efecto de la utilización del forraje verde hidropónico de avena, cebada, maíz y trigo en la alimentación de cuyes. *Tesis para optar a Título de Ingeniero Zootecnista* . Escuela Superior Politécnica Chimborazo , Riobamba.Ecuador.
- Castrillo, C., Hervera, M., & Baucells, M. D. (2009). Methods for predicting the energy value of pet foods. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31:1-14.
- Catrileo S., A., Rojas G., C., & Matus C., J. (2003). Evaluación de la producción y calidad de cebada sembrada sola y asociada a especies forrajeras para la producción de ensilaje. *Agricultura Técnica*. Obtenido de <https://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072003000200003>
- Cespedes, A. R. (2021). Evaluación de la productividad y la calidad nutritiva de la cebada (*Hordeum vulgare*) como forraje verde, con aplicación de riego y biol en la estación experimental choquenaira. *Tesis de Tesis de Maestría para optar el título de Maestro en Ciencias*. Universidad Mayor de San Andres, Bolivia.La Paz.
- Chauca de Zaldívar, L. (1997). *Produccion de Cuyes (Cavia Porcellus)*. Perú: Molina. Instituto Nacional de Investigación Agraria.

- Chavez, B. N., & Martinez, V. C. (2008). Evaluación del contenido nutricional en el follaje verde de sorgo (*Sorghum Bicolor*), variedad R.C.V cosechado a diferentes edades, con el propósito de obtener ensilaje. *Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo*. Universidad de El Salvador, San Miguel.
- Chirinos, O., Muro Mesones, K., Concha, W., Otiniano, J., Quezada, J. C., & Ríos, V. (2008). *Crianza y comercialización de cuy para el mercado limeño*. Lima, Perú: Editorial Cordillera S.A.C.
- Church, D. C., Pond, W. G., & Pond, K. R. (2002). *Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales*. México: Segunda edición. Editorial Limusa S.A.
- CIREN. Centro de Información de Recursos Naturales. (1989). *Cereales, cultivos industriales y flores*. Santiago de Chile.
- Condori P., G. A. (2023). Evaluación del comportamiento productivo del cuy (*Cavia porcellus*) en la etapa de crecimiento bajo tres tipos de ensilajes en la estación experimental Patacamaya. *Tesis para optar el Título de Licenciatura de Ingeniero Agrónomo*. Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.
- Crampton, E., & Harris, L. E. (1974). *Nutrición Animal Aplicada. El uso de alimentos de la formulación de raciones para el ganado*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Cuenca, C. M., Olmedo, Q. R., Ramón, F. F., & Campos, M. N. (2023). Impacto de forraje hidropónico y microorganismos eficientes en cuyes: Parámetros productivos, hematológicos y bioquímicos nutricionales. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*, 7(21): 573-582. doi:<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i21.238>
- De Blas, C., Garcia Rebollar, P., Gorrachategui, M., & Mateos, G. G. (2019). *Cebada*. Madrid, España 604 pp: FEDNA. Federación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.
- De Steven, U. (2011). *Barley: Production, Improvement, and Uses*. USA: State Avenue, Ames, Iowa.
- Díaz, V., & Callejo Ramos, A. (2004). *Calidad del forraje y del heno*. Universidad Politécnica de Madrid.

- Díaz, P., & Sedano Quiroga, M. P. (2018). Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*Avena sativa*) en dos estados de maduración diferentes, en la vereda el gaital del municipio de Vélez Santander. *Tesis para optar el Título de Ingeniero Zootecnista*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Díaz, C. M., & Núñez, D. J. (2022). Rendimiento y contenido nutricional de avena sola y asociada con vicia, por época de corte y por evento fenológico en la zona altoandina del Perú. *Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible*, 11(1):23-31. doi:10.5377/payds.v11i1.15210
- Dumont, L. J., Anrique, G. R., & Alomar, C. D. (2005). Efecto de Dos Sistemas de Determinación de Materia Seca en la Composición Química y Calidad del Ensilaje Directo de Avena en Diferentes Estados Fenológicos. *Agricultura Técnica*, 65(4):388-396. doi:http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072005000400005
- Escobar, F. V. (2018). Efecto de la densidad de siembra de tres variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) con respecto a sus parámetros productivos y composición químico bromatológica. *Tesis para optar Título de Ingeniero Zootecnista*. Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica.
- Espinosa, M. (2021). Comportamiento del rendimiento en cereales forrajeros en tres presentaciones de leonardita. *Tesis para optar Título de Ingeniero Agrónomo en Irrigación*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.
- Espitia, E., Villaseñor Mir, H. E., Tovar Gómez, R., Olán, M., & Limón Ortega, A. (2012). Momento óptimo de corte para rendimiento y calidad de variedades de avena forrajera. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(4), 771-783.
- Esquisabel, E. (2022). *Cereales de invierno*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).
- Falconi, E., & Garófalo, J. (2010). *El cultivo de cebada*. Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- FEDNA. (2019). *Tablas de FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos*. Cuarta Edición. Obtenido de <http://www.fundacionfedna.org/ingredientes-para-piensos>

- Flores, C., Caja, G., Romero, R., & Mesía, J. (2003). Efectos del malato (rumalato®) en piensos de engorde de corderos a base de cebada o maíz: 11. Digestibilidad de nutrientes. *Información Técnica Económica Agraria*, 1(24):747-749.
- Flores, N. M., Sánchez Gutiérrez, R. A., Echavarría Cháirez, F. G., Gutiérrez Luna, R., Rosales Nieto, C. A., & Salinas González, H. (2016). Producción y calidad de forraje en mezclas de veza común con cebada, avena y triticale en cuatro etapas fenológicas. *Revista mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7(3):275-291. Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11242016000300275&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11242016000300275&script=sci_arttext)
- Gallardo, E. E. (2017). *Metodología de la Investigación*. Huancayo-Perú: Universidad Continental.
- García, A. I., Espinosa, L., Pérez Alba, C., & Carabaño, R. (1999). Estimación de las pérdidas nitrogenadas endógenas y de la digestibilidad fecal corregida en conejos. *Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario*, 20(2):475-477.
- Garin, D., Barlocco, N., D'Alessandro, J., & Peinado, R. (2007). Digestibilidad de granos de cereales en cerdos en terminación. *Agrociencia*, Pág.15-21.
- Goić, M. L., & Thiermann, H. (1986). Evaluación de heno de avena, cebada y centeno, cosechado en dos estados de madurez, bajo las condiciones de aysen. *Agricultura Técnica*, 46 (3): 375-378.
- González, R. F. (2016). Acumulación de materia seca y digestibilidad de las plantas de seis cereales forrajeros de grano pequeño. *Tesis para optar Título de Maestro en Ciencias en Innovación Ganadera*. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Google Earth. (s.f.). *Earth.google.com*. Obtenido de [https://earth.google.com/web/@-13.57310816,-71.73629951,3735.43355866a,2605.16216804d,34.99997239y,-2.37856846h,60.01575347t,-0r/data=CgRCAggBOgMKATBKCAjU6L\\_gAhAA](https://earth.google.com/web/@-13.57310816,-71.73629951,3735.43355866a,2605.16216804d,34.99997239y,-2.37856846h,60.01575347t,-0r/data=CgRCAggBOgMKATBKCAjU6L_gAhAA)

- Harkness, J. E., Murray, K. A., & Wagner, J. E. (2002). *Biology and diseases of guinea pigs*. San Diego: Laboratory Animal Medicine. Elsevier Science.
- Hernández, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Sexta edición. McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Hernandez, V. R. (2004). Efecto del estiércol ovino sobre la producción y calidad nutritiva de cebada forrajera (*Hordeum vulgare* L.) en Buenavista. *Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.
- Herrera, E., & Nuñez Rojas, W. E. (2007). Producción y uso del forraje verde hidropónico de cebada, maíz amarillo y asociados en el engorde de cuyes. *Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Zootecnista*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo - Perú.
- Hiyagon, A. S. (2014). Estudio morfométrico del estómago del cobayo (*Cavia Porcellus*) lactante. *Tesis para optar el Título de Médico Veterinario*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Perú.
- Huarco, D. (2012). Determinación de la digestibilidad aparente de la semilla despigmentada de achiote (*Bixa Orellana*) en el cuy (*Cavia porcellus* L.) INIA-EEA, Anta. *Tesis para optar el Título de Ingeniero Zootecnista*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú.
- Igartua, E., Cuesta, A., Lasa, J. M., Gracia, M. P., Yahiaoui, S., Moralejo, M., Casas, A. M. (2008). *Fenología y adaptación de la cebada*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas .
- INEI. (2019). *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. Obtenido de <https://proyectos.inei.gob.pe/microdatos/>
- INEI. (2022). *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. Obtenido de <https://proyectos.inei.gob.pe/microdatos/>
- INIA. (2013). *Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria. INIA 411 San Cristóbal*.
- INIA. (2021). *Anatomía y fisiología digestiva*. Curso virtual . Producción de cuyes.

- Jira, A. F. (2011). Evaluación de tres niveles de heno de cebada en la alimentación de cuyes mejorados (*Cavia porcellus*) en la etapa de gestación y lactancia. *Tesis de grado para optar el título de Licenciado en Ingeniería Agronómica*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz - Bolivia.
- Loa, G., Saavedra, D., Gomez, J., Sulca, F., & Gómez-Urviola, N. (2021). Forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) y maíz (*Zea mays*) en la dieta de cuyes machos (*Cavia porcellus*) en recría, Andahuaylas, Perú. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal AICA*.
- Lopez, L. (1991). *Cultivos herbáceos*. España: Mundi-Prensa.
- López, P. P., Prieto, G. F., Gaytán, M. M., & Román, G. A. (2007). Caracterización fisicoquímica de diferentes variedades de cebada cultivadas en la región centro de México. *Rev. Chil. Nutr.*, 34(1), 71-77. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182007000100008>
- Luro, P. (1982). *Cultivo de cebada (Doble propósito), análisis de costos y evaluación económica de una hectarea*. Argentina, Río Colorado: Conveni IICA-CORFO .
- Maekawa, M., & Fantino, F. (2010). Acumulación de materia seca y composición química de verdeos invernales para ensilar. *Sitio Argentino de Producción Animal*.
- Mancipe, E. A., Vásquez Vanegas, J. E., Castillo Sierra, J., Ortiz Cuadros, R. E., Avellaneda Avellaneda, Y., & Vargas Martínez, J. (2020). Productividad y valor nutricional de forraje de cebada y trigo del trópico alto colombiano. *Agronomía Mesoamericana*. doi:<https://doi.org/10.15517/am.v32i1.40465>
- Mancipe, M. E., Vásquez, V. J., Castillo, S. J., Ortiz, C. R., Avellaneda, A. Y., & Vargas, M. J. (2021). Digestibilidad y valor nutricional de forraje de cebada y trigo del trópico alto colombiano. *Agronomía Mesoamericana*, 32(1):271-292. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v32n1/2215-3608-am-32-01-00271.pdf>
- McDonald, P., Edwards, R., Greenhalgh, J., & Morgan, C. (1999). *Nutrición Animal. 5ta Edición* . Acribia S.A.

- Mejía, E. (2005). *Metodología de la Investigación científica*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Méndez, M. V. (2004). Comportamiento de Cebadas Forrajeras Imberbes (*Hordeum vulgare* L.) a través de Cuatro Ambientes. *Tesis para optar Título profesional de Ingeniero Agrónomo de Producción*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México.
- Mendoza, P. S., Sosa, M. E., Rodríguez, O. L., Vasquez, G. I., Ramírez, B. J., & Hernández, G. F. (2021). Composición química de los componentes del cultivo de avena (*Avena sativa* L.), variedad Chihuahua. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(2). doi:<https://doi.org/10.19136/era.a8n11.2966>
- Meneses, L. J. (2021). Evaluación productiva de avena (*Avena sativa* L.) a diferentes edades de la planta. *Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.
- Meteoblue. (2024). *Weather Close to you*. Obtenido de [www.meteoblue.com](http://www.meteoblue.com): [https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climateobserved/huambutio\\_per%c3%ba\\_3939658](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climateobserved/huambutio_per%c3%ba_3939658)
- Meza, C. V. (2021). Determinación de la digestibilidad y de energía digestible de la pepa y la cáscara de maracuya (*Passiflora edulis*) en cuyes (*Cavia porcellus*). *Tesis para optar el Título Médico Veterinario Zootecnista*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Meza, G., Cabrera, R., Moran, J., & Meza, F. (2014). Mejora de engorde de cuyes (*Cavia porcellus* L.) a base de gramíneas y forrajeras arbustivas tropicales en la zona de Quevedo, Ecuador. *National Research Council. Idesia (Arica)*. doi:10.4067/S0718-34292014000300010
- MIDAGRI. (2023). *Ministra de Desarrollo Agrario y Riego. Cadena productiva de Cuy*.
- Millares, D. J., González, F. G., Abeledo, L. G., Serrago, R. A., Alzueta, I., García, G. A., Lo Valvo, P. (2014). *Manual de trigo y cebada para el Cono Sur. Procesos fisiológicos y bases de manejo*. CYTEC. Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.

- Morales, M. A., Carcelén, C. F., Ara, G. M., Arbaiza, F. T., & Chauca, F. L. (2011). Evaluación de dos niveles de energía en el comportamiento productivo de cuyes (*Cavia porcellus*) de la raza Perú. *Revista de Investigación Veterinaria*, 22(3): 177-182. Obtenido de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172011000300001](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172011000300001)
- Müggenburg, M. C., & Pérez Cabrera, I. (2007). Tipos de estudio en el enfoque de investigación cuantitativa. *Enfermería Universitaria*, 4(1):35-38. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=358741821004>
- Mujica , Á., & Chura , E. (2012). *Cultivo de granos andinos y cereales* . Puno.Perú: Universidad Nacional del Altiplano .
- Nieves, D., Barajas, A., Delgado, G., González, C., & Ly, J. (2008). Digestibilidad fecal de nutrientes en dietas con forrajes tropicales en conejos: Comparación entre métodos directo e indirecto. *Bioagro*, 20(1): 73-75. Obtenido de [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-33612008000100008](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612008000100008)
- Nocek , J. E. (1988). In situ and other methods to estimate Rumi-nal Protein and Energy Digestibility. *Journal of Dairy Science*, 71(8): 2051-69.
- NRC. (1995). National Research Council. Nutrient requirements of the guinea pig. *National Academy Press*.
- Núñez, P. I., Rojas, E. V., Morales, S. M., & Egaña, M. J. (2008). Digestibilidad del grano de avena entero en equinos medida por sustitución parcial en la dieta. *Revista Avances en Ciencias Veterinarias*, 23(1).
- Núñez, T. O. (2017). Los costos de la alimentación en la producción pecuaria. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 4(2): 93-94. Obtenido de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2311-25812017000200001](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2311-25812017000200001)
- Ørskov , E. R., Reid , G. W., & Kay , M. (1988). Prediction of intake by cattle from degradation characteristics of roughages. *Animal*, 46(1): 29-34.

- Ortiz, O. P., Florián, A. A., Estela, M. J., Rivera, J. M., Hobán, V. C., & Murga, M. C. (2021). Caracterización de la crianza de cuyes en tres provincias de la Región Cajamarca, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(2). Obtenido de <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i2.20019>
- Oruro, V. N. (2023). Digestibilidad de materia seca, materia orgánica y energía digestible de aceite de soya, afrecho de cebada y torta de soya en cuyes (*Cavia porcellus*). *Tesis de optar el Título a Ingeniero Zootecnista*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco.Perú.
- Osca, J. M. (2007). *Cultivos Herbáceos Extensivos: Cereales*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Osorio, C. E., Giraldo, C. J., & Narváez, S. W. (2012). Metodologías para determinar la digestibilidad de los alimentos utilizados en la alimentación canina. *Vet.Zootec.*, 6(1): 87-97.
- Paine, J. M. (2007). Efecto de la Época de cosecha en el rendimiento y calidad de cinco cultivares cebada (*Hordeum vulgare* L.) para ensilaje. *Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo*. Universidad de la Frontera, Temuco - Chile.
- Parra, S. J., & Gómez, Z. A. (2009). Importancia de la utilización de diferentes técnicas de digestibilidad en la nutrición y formulación porcina. *Revista MVZ Córdoba* , 14(1): 1633-1641. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-02682009000100012&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-02682009000100012&script=sci_arttext)
- Pellegrini, A. P., Topayan, M. V., Borlandelli, M. S., Abbiati, N. N., & Paz, S. (2018). Relación entre tamaño de partículas en heces de equinos y calidad nutricional del forraje consumido. *Ciencia Veterinaria*, 20(2). doi:: <http://dx.doi.org/10.19137/cienvet-201820205>
- Pérez, A. L., Díaz, A. J., & Pérez, H. M. (2009). Valores de digestibilidad de dos cereales incluidos en la ración a diferentes niveles. *Universidad de Córdoba*
- Pinedo, T. R., Rojas, I. F., & Bautista, C. M. (2020). *Cultivo de Cebada*. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

- Pirela , M. F. (2006). Valor nutritivo de pastos tropicales. *Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA)*.
- Ponce, L., Noroña, P., Campaña, D., Garófalo, J., Coronel, J., Jiménez, C., & Cruz, E. (2019). *LA CEBADA (Hordeum vulgare L.): Generalidades y variedades mejoradas para la Sierra ecuatoriana*. Quito - Ecuador: Estación Experimental Santa Catalina.
- Ponce, L., Garófalo, J., & Noroña, P. (2022). *Cebada (Hordeum vulgare L.): Manual de manejo del cultivo y conservación de suelos*. . Mejía - Ecuador : Boletín Divulgativo No. 005. KOPIA, INIAP.
- Quijano, W. S., Huamani, A. L., Portugués, A., & Hernández, J. E. (2023). Forraje (pajas de cebada, trigo, ichu) tratado con contenido ruminal para engorde de cuy (*Cavia porcellus*). *Anais do 13º Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos*.
- Quino, R. (2016). Efecto de dos concentraciones de biol en cuatro fases fenológicas del cultivo de cebada (*Hordeum vulgare L.*) en el altiplano norte. *Tesis de grado para optar Título de Ingeniero Agrónomo*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz - Bolivia.
- Ramírez, O. R., Ramírez, L. R., & López, G. F. (2002). Factores estructurales de la pared celular del forraje que afectan su digestibilidad. *Ciencia UANL*.
- Ramírez, S., Domínguez Díaz, D., Salmerón Zamora, J. J., Villalobos Villalobos, G., & Ortega Gutiérrez, J. A. (2013). Producción y calidad del forraje de variedades de avena en función del sistema de siembra y de la etapa de madurez al corte. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(4): 395-403. Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802013000400005](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802013000400005)
- Ramón, J. A. (2017). Determinación de características morfofisiológicas del tracto digestivo del cuy (*Cavia Porcellus*). *Tesis para optar el Título de Médico Veterinario Zootecnista*. Universidad Nacional de Loja, Loja-Ecuador.
- Reis, D. S., Mariscal, L. G., & Aguilera, B. A. (2005). Efecto de diferentes cereales en dietas de iniciación para lechones sobre la digestibilidad de los

- nutrimentos y la preferencia alimentaria. *Veterinaria México*, 36(1): 11-24. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42336102>
- Richardson, V. C. (2002). *Diseases of domestic guinea pigs*. (S. Edición, Ed.) Editorial Blackwell Science Ltd.
- Rico, N. E., & Rivas, V. C. (2003). *Manual sobre el manejo de cuyes*.
- Rimache Artica , M. (2008). *Cultivo del Trigo, Cebada y Avena*. Macro.
- Rivera, R. A., & Alba, M. J. (2017). NIRS en el análisis de alimentos para la nutrición animal. *Revista Ingenio UFPSO*. doi:<https://doi.org/10.22463/issn.2011-642X>
- Romero, A. J., & Ruiz, C. Y. (2004). Caracterización anatómica del tracto gastrointestinal del cuy (*Cavia Porcellus*). *Tesis de para optar el Título de Médico Veterinario*. Universidad de Nariño, Pasto. Colombia.
- Romero, V. P., Antonina, C. N., Acevedo, B. A., Chaves, G., Todaro, J. S., & Aguirre, M. V. (2019). Evaluación de la eficiencia alimenticia y la digestibilidad de alimentos para ratones con alto contenido de ácidos grasos W-3 diseñados en la Facultad de Medicina la Universidad Nacional del Nordeste. *Libro de Artículos Científicos en Salud*.
- Rosales , L. I. (1999). El cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* ) sus principales plagas y enfermedades. *Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.
- Saavedra, D. M. (2018). Forraje Verde Hidróponico de tres variedades de Cebada (*Hordeum vulgare* ) en la dieta de Cuyes (*Cavia porcellus*) en recría. *Tesis para optar título profesional de Médico Veterinario y Zootecnista*. Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Abancay - Perú.
- Sanca Tinta, M. D. (2011). Tipos de investigación científica. *Rev.Med.Act.Clin*.
- Sánchez, S. H., & Ochoa, M. G. (2016). Producción y valoración de alimentos para animales monogástricos, con ensilado biológico de restos del procesamiento de langostino (*Litopenaeus vannamei*) fermentados con lactobacilos. *Scientia Agropecuaria*, 7(3): 181–189. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v7nspe/a04v7nspe.pdf>

- Sarria, J. A., Vergara Rubín, V., Cantaro Segura, J. L., & Rojas, P. A. (2019). Evaluación de niveles de energía digestibles en dos sistemas de alimentación en la respuesta productiva y reproductiva de cuyes (*Cavia porcellus*). *Revista de Investigación Veterinaria*, 30(4):1515-1526.
- SENAMHI. (2012). "Análisis del Impacto de la Variabilidad Climática en el rendimiento de los cultivos priorizados en las regiones de Cusco y Apurímac". *Serie digital de investigación regional N° 13*.
- Shimada, M. A. (2003). *Nutrición Animal* (Primera Edición ed.). México: Trillas.
- Silvia, G. M. (1975). Determinación de época óptima de corte en avena forrajera. *Tesis para optar Título de Ingeniero Agrónomo*. Universidad de Guadalajara, Guadalajara.
- Solorzano, J. D., & Sarria Bardales, J. A. (2019). *Crianza, producción y comercialización de cuyes*. Perú: Macro EIR.
- Sosa, M. E., Mendoza Pedroza, S. I., Alejos de la Fuente, J. I., Villarreal González, J. A., Velasco Estrada, D. B., & Rodríguez Rosales, E. (2020). Rendimiento de forraje de avena variedad Chihuahua. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(24). Obtenido de <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/2376/3097>
- Souza, O., & Dos Santos, I. E. (2002). Digestibilidad in vivo, balance de nitrógeno e ingestión voluntaria en ovinos alimentados con paja de cebada tratada con urea. *Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 51(195): 361-371. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/495/49519508.pdf>
- Stein, J., Naithani, S., Monaco, M. K., Wei, S., Dharmawardhana, P., Kumari, S., Ware, D. (2013). Comparative plant genomics resources. *Nucleic Acids Research*, 42 (1): 1193-1199.
- Taboada, V. H. (2022). Evaluación del forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en sistemas de alimentación durante el crecimiento del Cuy (*Cavia porcellus*). *Tesis para optar el título profesional de ingeniero zootecnista*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima - Perú.

- Tobal, C. F. (1999). *Evaluación de los alimentos a través de los diferentes métodos de digestibilidad*. Facultad de Ciencias Veterinarias.
- Torres, G. G., Arbaiza, F. T., Carcelén, C. F., & Lucas, A. O. (2009). Comparación de las técnicas in situ, in vitro y enzimática (celulasa) para estimar la digestibilidad de forrajes en ovinos. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 20 (1). Obtenido de <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=371838850002>
- Torres, R. A., Chauca, F. L., & Vergara, R. V. (2006). *Evaluación de dos niveles de energía y proteína en dietas de crecimiento y engorde de cuyes machos*. XXIX Reunión de la Asociación Peruana de Producción Animal Huancayo: APPA. Obtenido de [https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/443/1/Torres-Evaluacion\\_de\\_dos\\_niveles.pdf](https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/443/1/Torres-Evaluacion_de_dos_niveles.pdf)
- Tumiri, T. E. (2019). Comportamiento productivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en dos cortes con riego por aspersión con la aplicación de Biol bovino en la Estación Experimental Choquenaira. *APTHAPI*, 5(1):1475-1495.
- Urrutia, M. J., Hernández, A. A., Cervantes, B. J., & Gámez, V. H. (2014). Características nutricionales del forraje de mijo perla en cuatro estados fenológicos. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 5(3): 321-330. Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11242014000300005&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11242014000300005&script=sci_arttext)
- Usca, M. J., Flores, M. L., Tello, F. L., & Navarro, O. M. (2022). *Manejo general en la cría del cuy*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Valiente, O., Delgado, P., De Vega, A., & Guada, J. (2001). Predicción de la digestibilidad de la planta entera de cebada, consumida por el ganado ovino en estado maduro. *Asociación Internacional para el Desarrollo Agrario*.
- Vargas, B. J., Mejía, P. G., Bedoya, M. J., & Gómez, P. J. (2013). Estimación de la técnica in vitro de gases frente a otras técnicas de digestibilidad. *Spei Domus*, 9(18): 59-70. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1959.tb00997>
- Vargas, M. L. (2023). Digestibilidad de la harina de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y afrecho de cebada (*Hordeum vulgare* ) en cuyes (*Cavia porcellus* L.). Tesis

*para optar título profesional de Ingeniero Zootecnista.* Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco - Perú.

Vasquez, S. M. (2024). Efecto del grano de cebada (*Hordeum vulgare* L.) sobre el comportamineto porductivo de cuyes (*Cavia porcellus*) en la localidad de cajamarca. *Tesis para optar el Título de Ingeniero Zootecnista.* Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca. Obtenido de Repositorio UNC.

Velasco, L. Y., Sana, P. W., & Morillo, C. A. (2020). Caracterización agromorfológica de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en el Municipio de Chivatá Boyacá, Colombia. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 18(2):103-117. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612020000200103#:~:text=La%20cebada%20\(Hordeum%20vulgare%20L,1%2C2%2C3%5D](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612020000200103#:~:text=La%20cebada%20(Hordeum%20vulgare%20L,1%2C2%2C3%5D).

Vergara, R. V. (2008). *Avances en nutrición y alimentación de cuyes.* Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima.Perú: Programa de investigación y proyección social de alimentos.

Vidaurre, Y. S., Vergara Rubín, V., Remigio Espinoza, R. M., & Valverde Caldas, N. (2020). Reemplazo parcial o total de maíz por cebada en dietas integrales para cuyes (*Cavia porcellus*) en crecimiento. *Agroindustrial Science*. doi:<https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2020.01.06>

Villalovos, M. F., & Fereres, C. E. (2017). *Fitotecnia Principios de agronomía para una agricultura sostenible*. Madrid, España : Ediciones Mundi-Prensa.

Vivas, T. J., & Carballo, D. (2013). *Especies alternativas: Manual de crianza de cobayos (Cavia Porcellus)*. Managua.Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.

Wagner, J. E., & Manning, P. J. (1976). *The Biology of the Guinea Pig*. Nueva York: Academic Press.

Wilson, G. C., Hernández, G. A., Ortega, C. M., López, C. C., Bárcena, G. R., Zaragoza, R. J., & Aranda, O. G. (2017). Análisis del crecimiento de tres líneas de cebada para producción de forraje, en el valle de México. *Revista*

de la *Facultad de Ciencias Agrarias*, 49(2): 79-92. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=382853527006>

Winterholler, S. J., Lalman, D. L., Dye, T. K., Mcmurphy, C. P., & Richards, C. J. (2009). In situ ruminal degradation characteristics of by-product feedstuffs for beef cattle consuming low-quality forage. *J Animal Sci.*, 87(9): 2996-3002.

Yanchaliquin, J. W. (2022). Forrajes hidropónicos en la alimentación de cuyes. *Proyecto de investigación para optar el grado académico de Ingeniero Zootecnista*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba - Ecuador.

Yzarra, T. W., & López, R. F. (2011). *Manual de observaciones fenológicas*. SENAMHI.

## X. ANEXOS

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

```
> setwd("C:/Users/User/Documents/tesis/DATOS")
> DATOS <- read.csv("C:/Users/User/Documents/tesis/DATOS/DATACOMQUI.csv")
> DATOS<-read.csv('DATAAREND.csv', sep = ";", header = T)
> #head(DATOS)
> DATOS$TRAT <- as.factor(DATOS$TRAT)
> #DATOS$E_CORTE <- as.factor(DATOS$E_CORTE)
> str(DATOS)
'data.frame':  18 obs. of  11 variables:
 $ TRAT  : Factor w/ 3 levels "45D","60D","75D": 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 ...
 $ REP   : chr  "M1" "M2" "M3" "M4" ...
 $ PFV   : int   100 67 57 106 50 102 110 147 131 139 ...
 $ PFS   : num   18 13.1 10.8 20.9 10.2 ...
 $ Pr_H  : num   82 80.5 81 80.3 79.5 ...
 $ Pr_MS : num   18 19.5 19 19.7 20.5 ...
 $ Pr_HT : num   82.7 81.3 81.8 81.1 80.4 ...
 $ Pr_MT : num   17.3 18.7 18.2 18.9 19.6 ...
 $ MF    : int   4000 2680 2280 4240 2000 4080 4400 5880 5240 5560 ...
 $ MS_60 : num   720 523 433 834 409 ...
 $ MS_105: num   691 502 416 800 393 ...
> library(car)
> library(emmeans)
> library(psych)
#
> # ESTADISTICA DESCRIPTIVA
> #
> #generar subconjuntos por edad de corte
> D45<-subset(DATOS, TRAT == "45D")
> D60<-subset(DATOS, TRAT == "60D")
> D75<-subset(DATOS, TRAT == "75D")
> #
> #
> # VER VARIABLES RESPUESTAS EN PASTOS DE DIFERENTES MOMENTOS DE CORTE
> #
> A1 <- D45$MS_105
> B1 <- D60$MS_105
> C1 <- D75$MS_105
> #
> #DATOS DESCRIPTIVOS
> #
> describe(A1)
  vars n mean      sd median trimmed  mad   min   max range skew kurtosis
X1    6 613.5 205.87 596.62  613.5 285.07 392.63 879.29 486.66 0.11    -2.04
      se
X1 84.04
> describe(B1)
  vars n mean      sd median trimmed  mad   min   max range skew kurtosis
X1    6 959.04 212.45 874.33  959.04 97.13 761.78 1353.82 592.04 0.9
      se
X1 -0.87 86.73
> describe(C1)
  vars n mean      sd median trimmed  mad   min   max range skew s
X1    6 800.00 200.00 700.00  800.00 100.00 500.00 1000.00 500.00 0.00 0.00
```

```

X1      1 6 1783.48 140.27 1817.61 1783.48 144.06 1578.59 1933.41 354.82 -0
.33
      kurtosis      se
X1      -1.83 57.26
> #VARIABLE RESPUESTA VR1 =
> VR1<-DATOS$MS_105
> #
> #
> # PRUEBA DE SHAPIRO PARA GRUPOS DE DATOS
> shapiro.test(A1)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  A1
W = 0.90351, p-value = 0.3951

> shapiro.test(B1)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  B1
W = 0.83007, p-value = 0.1076

> shapiro.test(C1)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  C1
W = 0.92705, p-value = 0.5575

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

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  VR1 by DATOS$TRAT
Bartlett's K-squared = 0.88302, df = 2, p-value = 0.6431

> fligner.test(VR1 ~ DATOS$TRAT)

      Fligner-Killeen test of homogeneity of variances

data:  VR1 by DATOS$TRAT
Fligner-Killeen:med chi-squared = 1.7654, df = 2, p-value = 0.4137

> leveneTest(VR1 ~ DATOS$TRAT,center = "median")
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")
      Df F value Pr(>F)
group  2  0.4496 0.6462
      15

> #
> #GENERAR MODELO ADITIVO
> MODELO1 <- aov(VR1 ~ TRAT, data = DATOS)
> summary.lm(MODELO1)

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

Residuals:

```

```

      Min      1Q  Median      3Q      Max
-220.88 -122.36  -38.73  103.93  394.78

```

Coefficients:

```

              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   613.51      77.17    7.950 9.30e-07 ***
TRAT60D       345.54     109.13    3.166 0.00639 **
TRAT75D       1169.97    109.13   10.720 1.99e-08 ***
---

```

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Residual standard error: 189 on 15 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.89,    Adjusted R-squared:  0.8753
F-statistic: 60.67 on 2 and 15 DF,  p-value: 6.469e-08

```

```

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

```

Response: VR1

```

              Df  Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
TRAT           2 4335848 2167924  60.674 6.469e-08 ***
Residuals    15  535964   35731
---

```

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 ~ TRAT, data = DATOS)

```

$TRAT
      diff      lwr      upr    p adj
60D-45D 345.5350  62.06173 629.0083 0.0165639
75D-45D 1169.9717 886.49840 1453.4449 0.0000001
75D-60D  824.4367 540.96340 1107.9099 0.0000049

```

```

> plot(TukeyHSD(MODELO1))
> #
> library(agricolae)
> outHSD <-HSD.test(MODELO1, "TRAT",console=TRUE)

```

Study: MODELO1 ~ "TRAT"

HSD Test for VR1

Mean Square Error: 35730.93

TRAT, means

```

      VR1      std r      se      Min      Max      Q25      Q50
Q75
45D 613.505 205.8656 6 77.16965 392.63  879.29  437.2475  596.615  772.
9700
60D 959.040 212.4549 6 77.16965 761.78 1353.82  857.4775  874.330  997.
1725

```

```
75D 1783.477 140.2677 6 77.16965 1578.59 1933.41 1687.8075 1817.610 1886.2275
```

```
Alpha: 0.05 ; DF Error: 15  
Critical Value of Studentized Range: 3.673378
```

```
Minimum Significant Difference: 283.4733
```

```
Treatments with the same letter are not significantly different.
```

```
          VR1 groups  
75D 1783.477      a  
60D  959.040      b  
45D  613.505      c  
> #  
> #  
> shapiro.test(MODELO1$residuals)
```

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: MODELO1$residuals  
W = 0.9337, p-value = 0.2254
```

## **Anexo 2. Línea de comandos y resultados obtenidos para el rendimiento de materia fresca en kilogramos por hectárea**

```
> setwd("C:/Users/User/Documents/tesis/DATOS")  
> DATOS <- read.csv("C:/Users/User/Documents/tesis/DATOS/DATACOMQUI.csv")  
> DATOS<-read.csv('DATAREND.csv', sep = ";", header = T)  
> #head(DATOS)  
> DATOS$TRAT <- as.factor(DATOS$TRAT)  
> #DATOS$E_CORTE <- as.factor(DATOS$E_CORTE)  
> str(DATOS)  
'data.frame':  18 obs. of  11 variables:  
 $ TRAT : Factor w/ 3 levels "45D","60D","75D": 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 ...  
 $ REP  : chr  "M1" "M2" "M3" "M4" ...  
 $ PFV  : int  100 67 57 106 50 102 110 147 131 139 ...  
 $ PFS  : num  18 13.1 10.8 20.9 10.2 ...  
 $ Pr_H : num  82 80.5 81 80.3 79.5 ...  
 $ Pr_MS: num  18 19.5 19 19.7 20.5 ...  
 $ Pr_HT: num  82.7 81.3 81.8 81.1 80.4 ...  
 $ Pr_MT: num  17.3 18.7 18.2 18.9 19.6 ...  
 $ MF   : int  4000 2680 2280 4240 2000 4080 4400 5880 5240 5560 ...  
 $ MS_60: num  720 523 433 834 409 ...  
 $ MS_105: num  691 502 416 800 393 ...  
> library(car)  
> library(emmeans)  
> library(psych)  
> #  
> # ESTADISTICA DESCRIPTIVA  
> #  
> #generar subconjuntos por edad de corte  
> D45<-subset(DATOS, TRAT == "45D")  
> D60<-subset(DATOS, TRAT == "60D")  
> D75<-subset(DATOS, TRAT == "75D")  
> #  
> #  
> # VER VARIABLES RESPUESTAS EN PASTOS DE DIFERENTES MOMENTOS DE CORTE  
> #  
> A1 <- D45$MF
```

```

> B1 <- D60$MF
> C1 <- D75$MF
> #
> #DATOS DESCRIPTIVOS
> #
> describe(A1)
  vars n      mean      sd median trimmed      mad min  max range  skew ku
rtosis
X1     1 6 3213.33 1005.16   3340 3213.33 1215.73 2000 4240  2240 -0.09   -
2.17
      se
X1 410.35
> describe(B1)
  vars n mean      sd median trimmed      mad min  max range  skew kurtosi
s
X1     1 6 5300 623.67   5400   5300 770.95 4400 5960  1560 -0.27   -1.8
4
      se
X1 254.61
> describe(C1)
  vars n      mean      sd median trimmed      mad min  max range  skew kurto
sis
X1     1 6 6126.67 499.23   6000 6126.67 444.78 5680 6960  1280 0.55   -1
.48
      se
X1 203.81
> #VARIABLE RESPUESTA VR1 =
> VR1<-DATOS$MF
> #
> #
> # PRUEBA DE SHAPIRO PARA GRUPOS DE DATOS
> shapiro.test(A1)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  A1
W = 0.84169, p-value = 0.1346

> shapiro.test(B1)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  B1
W = 0.93112, p-value = 0.5888

> shapiro.test(C1)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  C1
W = 0.88337, p-value = 0.2849

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

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  VR1 by DATOS$TRAT
Bartlett's K-squared = 2.4208, df = 2, p-value = 0.2981

```

```

> fligner.test(VR1 ~ DATOS$TRAT)

      Fligner-Killeen test of homogeneity of variances

data:  VR1 by DATOS$TRAT
Fligner-Killeen:med chi-squared = 6.7897, df = 2, p-value = 0.03355

> leveneTest(VR1 ~ DATOS$TRAT,center = "median")
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")
      Df F value Pr(>F)
group  2  4.8811 0.02329 *
      15
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> #
> #GENERAR MODELO ADITIVO
> MODELO1 <- aov(VR1 ~ TRAT, data = DATOS)
> summary.lm(MODELO1)

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

Residuals:
      Min       1Q   Median       3Q      Max
-1213.33  -511.67    6.67   640.00  1026.67

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    3213.3     302.6  10.618 2.26e-08 ***
TRAT60D         2086.7     428.0   4.876 0.000202 ***
TRAT75D         2913.3     428.0   6.807 5.92e-06 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 741.3 on 15 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.7664, Adjusted R-squared:  0.7353
F-statistic: 24.61 on 2 and 15 DF, p-value: 1.832e-05

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

Response: VR1
      Df  Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
TRAT    2 27050133 13525067  24.613 1.832e-05 ***
Residuals 15  8242667   549511
---
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 ~ TRAT, data = DATOS)

$TRAT
      diff      lwr      upr      p adj

```

```
60D-45D 2086.6667 974.9908 3198.343 0.0005568
75D-45D 2913.3333 1801.6574 4025.009 0.0000167
75D-60D 826.6667 -285.0092 1938.343 0.1641625
```

```
> plot(TukeyHSD(MODELO1))
> #
> library(agricolae)
> outHSD <-HSD.test(MODELO1, "TRAT",console=TRUE)
```

Study: MODELO1 ~ "TRAT"

HSD Test for VR1

Mean Square Error: 549511.1

TRAT, means

	VR1	std	r	se	Min	Max	Q25	Q50	Q75
45D	3213.333	1005.1600	6	302.6304	2000	4240	2380	3340	4060
60D	5300.000	623.6666	6	302.6304	4400	5960	4880	5400	5800
75D	6126.667	499.2261	6	302.6304	5680	6960	5740	6000	6350

Alpha: 0.05 ; DF Error: 15

Critical Value of Studentized Range: 3.673378

Minimum Significant Difference: 1111.676

Treatments with the same letter are not significantly different.

	VR1	groups
75D	6126.667	a
60D	5300.000	a
45D	3213.333	b

```
> #
> #
> shapiro.test(MODELO1$residuals)
```

Shapiro-Wilk normality test

```
data: MODELO1$residuals
W = 0.94548, p-value = 0.3586
```

### **Anexo 3. Línea de comandos y resultados obtenidos para la composición nutricional de cebada en base seca (%) a los 45, 60 y 75 días – Proteína Cruda**

```
> setwd("C:/Users/User/Documents/tesis/COMQUI")
> DATOS <- read.csv("C:/Users/User/Documents/tesis/COMQUI/DATACOMPOSICION
.csv")
> DATOS<-read.csv('DATACOMPOSICION.csv', sep = ";", header = T)
> #head(DATOS)
> DATOS$TRAT <- as.factor(DATOS$TRAT)
> #DATOS$E_CORTE <- as.factor(DATOS$E_CORTE)
> str(DATOS)
'data.frame': 9 obs. of 11 variables:
 $ TRAT: Factor w/ 3 levels "45D","60D","75D": 1 1 1 2 2 2 3 3 3
 $ REP : chr "R1" "R2" "R3" "R1" ...
 $ PRO : num 19.9 19.8 19.5 15.2 15.4 ...
 $ EE : num 3.24 3.27 3.25 2.7 2.75 2.74 2.62 2.63 2.63
 $ FC : num 21.7 21.4 21.7 17.7 17.6 ...
```

```

$ FND : num  61 60.9 60.6 49 48.9 ...
$ FDA : num  37.8 37.7 37.5 28.5 28.6 ...
$ CE  : num  11.3 11.3 11.3 8.66 8.66 8.66 8.08 8.08 8.08
$ MO  : num  88.7 88.7 88.7 91.3 91.3 ...
$ CA  : num  0.56 0.56 0.55 0.4 0.4 0.4 0.36 0.35 0.35
$ P   : num  0.58 0.58 0.58 0.44 0.45 0.45 0.39 0.38 0.38
> library(car)
> library(emmeans)
> library(psych)
> #
> # ESTADISTICA DESCRIPTIVA
> #
> #generar subconjuntos por edad de corte
> D45<-subset(DATOS, TRAT == "45D")
> D60<-subset(DATOS, TRAT == "60D")
> D75<-subset(DATOS, TRAT == "75D")
> #
> #
> #
> # VER VARIABLES RESPUESTAS EN PASTOS DE DIFERENTES MOMENTOS DE CORTE
> #
> A1 <- D45$PRO
> B1 <- D60$PRO
> C1 <- D75$PRO
> #
> #DATOS DESCRIPTIVOS
> #
> describe(A1)
  vars n  mean   sd median trimmed  mad   min   max range  skew kurtosis
se
X1    1 3 19.72 0.22  19.77   19.72 0.21 19.48 19.91  0.43 -0.22   -2.33
0.13
> describe(B1)
  vars n  mean   sd median trimmed  mad   min   max range  skew kurtosis
se
X1    1 3 15.32 0.11  15.31   15.32 0.13 15.22 15.44  0.22 0.12   -2.33
0.06
> describe(C1)
  vars n  mean   sd median trimmed  mad   min   max range  skew kurtosis
se
X1    1 3 13.08 0.32  13.05   13.08 0.4 12.78 13.42  0.64 0.1   -2.33 0
.19
> #VARIABLE RESPUESTA VR1 =
> VR1<-DATOS$PRO
> #
> #GRAFICOS DE NORMALIDAD
> boxplot(VR1 ~ DATOS$TRAT , xlab="EDAD DE CORTE", ylab="PESO FINAL", mai
n="EPS ", 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-Wilk normality test

data:  A1
W = 0.96102, p-value = 0.6204

> shapiro.test(B1)

        Shapiro-Wilk normality test

data:  B1
W = 0.9891, p-value = 0.8002

> shapiro.test(C1)

        Shapiro-Wilk normality test

data:  C1
W = 0.99193, p-value = 0.8282

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

        Bartlett test of homogeneity of variances

data:  VR1 by DATOS$TRAT
Bartlett's K-squared = 1.6059, df = 2, p-value = 0.448

> fligner.test(VR1 ~ DATOS$TRAT)

        Fligner-Killeen test of homogeneity of variances

data:  VR1 by DATOS$TRAT
Fligner-Killeen:med chi-squared = 1.5173, df = 2, p-value = 0.4683

> leveneTest(VR1 ~ DATOS$TRAT,center = "median")
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")
      Df F value Pr(>F)
group 2  0.7101 0.5287
      6

> #
> #GENERAR MODELO ADITIVO
> MODELO1 <- aov(VR1 ~ TRAT, data = DATOS)
> summary.lm(MODELO1)

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

Residuals:
      Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.30333 -0.10333 -0.01333  0.11667  0.33667

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   19.7200     0.1348   146.28 6.88e-12 ***
TRAT60D       -4.3967     0.1907   -23.06 4.36e-07 ***
TRAT75D       -6.6367     0.1907   -34.81 3.74e-08 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Residual standard error: 0.2335 on 6 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.9952, Adjusted R-squared: 0.9937  
F-statistic: 627.2 on 2 and 6 DF, p-value: 1.079e-07

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

```
Response: VR1  
          Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)  
TRAT      2  68.394   34.197   627.21 1.079e-07 ***  
Residuals 6   0.327    0.055
```

```
---  
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 ~ TRAT, data = DATOS)
```

```
$TRAT  
      diff      lwr      upr    p adj  
60D-45D -4.396667 -4.981639 -3.811694 1.20e-06  
75D-45D -6.636667 -7.221639 -6.051694 2.00e-07  
75D-60D -2.240000 -2.824972 -1.655028 5.66e-05
```

```
> plot(TukeyHSD(MODELO1))  
> #  
> library(agricolae)  
> outHSD <-HSD.test(MODELO1, "TRAT",console=TRUE)
```

```
Study: MODELO1 ~ "TRAT"
```

```
HSD Test for VR1
```

```
Mean Square Error: 0.05452222
```

```
TRAT, means
```

	VR1	std r	se	Min	Max	Q25	Q50	Q75
45D	19.72000	0.2193171	3 0.1348113	19.48	19.91	19.625	19.77	19.840
60D	15.32333	0.1106044	3 0.1348113	15.22	15.44	15.265	15.31	15.375
75D	13.08333	0.3212994	3 0.1348113	12.78	13.42	12.915	13.05	13.235

```
Alpha: 0.05 ; DF Error: 6  
Critical Value of Studentized Range: 4.339195
```

```
Minimun Significant Difference: 0.5849724
```

```
Treatments with the same letter are not significantly different.
```

```
          VR1 groups  
45D 19.72000      a  
60D 15.32333      b  
75D 13.08333      c  
> #
```

```

> #
> #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:
#
<Enter> para ver el próximo gráfico: <Enter> para ver el próximo gráfico
o: #
> # TEST DE NORMALIDAD DE RESIDUOS DE SHAPIRO WILKS
> shapiro.test(MODELO1$residuals)

```

Shapiro-Wilk normality test

```

data: MODELO1$residuals
W = 0.98521, p-value = 0.9856

```

#### **Anexo 4. Línea de comandos y resultados obtenidos para la composición nutricional de cebada en base seca (%) a los 45, 60 y 75 días – Extracto Etéreo**

```

setwd("C:/Users/User/Documents/tesis/COMQUI")
> setwd("C:/Users/User/Documents/tesis/COMQUI")
> DATOS <- read.csv("C:/Users/User/Documents/tesis/COMQUI/DATACOMPOSICION
.csv")
> DATOS<-read.csv('DATACOMPOSICION.csv', sep = ";", header = T)
> #head(DATOS)
> DATOS$TRAT <- as.factor(DATOS$TRAT)
> #DATOS$E_CORTE <- as.factor(DATOS$E_CORTE)
> str(DATOS)
'data.frame': 9 obs. of 11 variables:
 $ TRAT: Factor w/ 3 levels "45D","60D","75D": 1 1 1 2 2 2 3 3 3
 $ REP : chr "R1" "R2" "R3" "R1" ...
 $ PRO : num 19.9 19.8 19.5 15.2 15.4 ...
 $ EE : num 3.24 3.27 3.25 2.7 2.75 2.74 2.62 2.63 2.63
 $ FC : num 21.7 21.4 21.7 17.7 17.6 ...
 $ FND : num 61 60.9 60.6 49 48.9 ...
 $ FDA : num 37.8 37.7 37.5 28.5 28.6 ...
 $ CE : num 11.3 11.3 11.3 8.66 8.66 8.66 8.08 8.08 8.08
 $ MO : num 88.7 88.7 88.7 91.3 91.3 ...
 $ CA : num 0.56 0.56 0.55 0.4 0.4 0.4 0.36 0.35 0.35
 $ P : num 0.58 0.58 0.58 0.44 0.45 0.45 0.39 0.38 0.38
> library(car)
> library(emmeans)
> library(psych)
> #
> # ESTADISTICA DESCRIPTIVA
> #
> #generar subconjuntos por edad de corte
> D45<-subset(DATOS, TRAT == "45D")
> D60<-subset(DATOS, TRAT == "60D")
> D75<-subset(DATOS, TRAT == "75D")
> #
> #
> #
> # VER VARIABLES RESPUESTAS EN PASTOS DE DIFERENTES MOMENTOS DE CORTE
> #
> A1 <- D45$EE

```

```

> B1 <- D60$EE
> C1 <- D75$EE
> #
> #DATOS DESCRIPTIVOS
> #
> describe(A1)
  vars n mean   sd median trimmed  mad  min  max range skew kurtosis  s
e
X1    1 3 3.25 0.02   3.25    3.25 0.01 3.24 3.27  0.03 0.21   -2.33 0.0
1
> describe(B1)
  vars n mean   sd median trimmed  mad  min  max range skew kurtosis  s
e
X1    1 3 2.73 0.03   2.74    2.73 0.01 2.7 2.75  0.05 -0.32   -2.33 0.0
2
> describe(C1)
  vars n mean   sd median trimmed  mad  min  max range skew kurtosis se
X1    1 3 2.63 0.01   2.63    2.63  0 2.62 2.63  0.01 -0.38   -2.33  0
> #VARIABLE RESPUESTA VR1 =
> VR1<-DATOS$EE
> #
> #GRAFICOS DE NORMALIDAD
> boxplot(VR1 ~ DATOS$TRAT , xlab="EDAD DE CORTE", ylab="PESO FINAL", mai
n="EPS ", 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-Wilk normality test

data:  A1
W = 0.96429, p-value = 0.6369

> shapiro.test(B1)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  B1
W = 0.89286, p-value = 0.3631

> shapiro.test(C1)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  C1
W = 0.75, p-value < 2.2e-16

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

```

```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: VR1 by DATOS$TRAT
Bartlett's K-squared = 2.971, df = 2, p-value = 0.2264

> fligner.test(VR1 ~ DATOS$TRAT)

Fligner-Killeen test of homogeneity of variances

data: VR1 by DATOS$TRAT
Fligner-Killeen:med chi-squared = 1.352, df = 2, p-value = 0.5086

> leveneTest(VR1 ~ DATOS$TRAT,center = "median")
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")
  Df F value Pr(>F)
group 2  0.7059 0.5305
      6

> #
> #GENERAR MODELO ADITIVO
> MODELO1 <- aov(VR1 ~ TRAT, data = DATOS)
> summary.lm(MODELO1)

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

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.030000 -0.006667  0.003333  0.010000  0.020000

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  3.25333    0.01036   313.92 7.05e-14 ***
TRAT60D      -0.52333    0.01466   -35.71 3.22e-08 ***
TRAT75D      -0.62667    0.01466   -42.76 1.10e-08 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.01795 on 6 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9972, Adjusted R-squared:  0.9962
F-statistic: 1051 on 2 and 6 DF, p-value: 2.306e-08

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

Response: VR1
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
TRAT   2  0.67727  0.33863  1050.9 2.306e-08 ***
Residuals 6  0.00193  0.00032
---
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 ~ TRAT, data = DATOS)

```

```

$TRAT
      diff      lwr      upr      p adj
60D-45D -0.5233333 -0.5683037 -0.47836298 1.00e-07
75D-45D -0.6266667 -0.6716370 -0.58169631 0.00e+00
75D-60D -0.1033333 -0.1483037 -0.05836298 9.94e-04

> plot(TukeyHSD(MODELO1))
> #
> library(agricolae)
> outHSD <-HSD.test(MODELO1, "TRAT",console=TRUE)

Study: MODELO1 ~ "TRAT"

HSD Test for VR1

Mean Square Error: 0.0003222222

TRAT, means

      VR1      std r      se Min Max Q25 Q50 Q75
45D 3.253333 0.015275252 3 0.01036375 3.24 3.27 3.245 3.25 3.260
60D 2.730000 0.026457513 3 0.01036375 2.70 2.75 2.720 2.74 2.745
75D 2.626667 0.005773503 3 0.01036375 2.62 2.63 2.625 2.63 2.630

Alpha: 0.05 ; DF Error: 6
Critical Value of Studentized Range: 4.339195

Minimum Significant Difference: 0.04497035

Treatments with the same letter are not significantly different.

      VR1 groups
45D 3.253333 a
60D 2.730000 b
75D 2.626667 c
> #
> #
> #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:
<Enter> para ver el próximo gráfico: <Enter> para ver el próximo gráfico:
o:
> #
> # TEST DE NORMALIDAD DE RESIDUOS DE SHAPIRO WILKS
> shapiro.test(MODELO1$residuals)

Shapiro-Wilk normality test

data: MODELO1$residuals
W = 0.96077, p-value = 0.8063

```

## **Anexo 5. Línea de comandos y resultados obtenidos para la composición nutricional de cebada en base seca (%) a los 45, 60 y 75 días – Fibra Cruda**

```

> setwd("C:/Users/User/Documents/tesis/COMQUI")
> DATOS <- read.csv("C:/Users/User/Documents/tesis/COMQUI/DATACOMPOSICION
.csv")
> DATOS<-read.csv('DATACOMPOSICION.csv', sep = ";", header = T)
> #head(DATOS)
> DATOS$TRAT <- as.factor(DATOS$TRAT)
> #DATOS$E_CORTE <- as.factor(DATOS$E_CORTE)
> str(DATOS)
'data.frame':  9 obs. of  11 variables:
 $ TRAT: Factor w/ 3 levels "45D","60D","75D": 1 1 1 2 2 2 3 3 3
 $ REP : chr  "R1" "R2" "R3" "R1" ...
 $ PRO : num  19.9 19.8 19.5 15.2 15.4 ...
 $ EE  : num  3.24 3.27 3.25 2.7 2.75 2.74 2.62 2.63 2.63
 $ FC  : num  21.7 21.4 21.7 17.7 17.6 ...
 $ FND : num  61 60.9 60.6 49 48.9 ...
 $ FDA : num  37.8 37.7 37.5 28.5 28.6 ...
 $ CE  : num  11.3 11.3 11.3 8.66 8.66 8.66 8.08 8.08 8.08
 $ MO  : num  88.7 88.7 88.7 91.3 91.3 ...
 $ CA  : num  0.56 0.56 0.55 0.4 0.4 0.4 0.36 0.35 0.35
 $ P   : num  0.58 0.58 0.58 0.44 0.45 0.45 0.39 0.38 0.38
> library(car)
> library(emmeans)
> library(psych)
> #
> # ESTADISTICA DESCRIPTIVA
> #
> #generar subconjuntos por edad de corte
> D45<-subset(DATOS, TRAT == "45D")
> D60<-subset(DATOS, TRAT == "60D")
> D75<-subset(DATOS, TRAT == "75D")
> #
> #
> #
> # VER VARIABLES RESPUESTAS EN PASTOS DE DIFERENTES MOMENTOS DE CORTE
> #
> A1 <- D45$FC
> B1 <- D60$FC
> C1 <- D75$FC
> #
> #DATOS DESCRIPTIVOS
> #
> describe(A1)
  vars n mean  sd median trimmed  mad  min  max range  skew kurtosis
se
X1    1 3 21.6 0.14  21.67    21.6 0.03 21.43 21.69  0.26 -0.38    -2.33
0.08
> describe(B1)
  vars n mean  sd median trimmed  mad  min  max range  skew kurtosis
se
X1    1 3 17.71 0.12  17.71    17.71 0.18 17.59 17.83  0.24  0    -2.33
0.07
> describe(C1)
  vars n mean  sd median trimmed  mad  min  max range  skew kurtosis
se
X1    1 3 18.24 0.14  18.26    18.24 0.16 18.09 18.37  0.28 -0.14    -2.33
0.08
> #VARIABLE RESPUESTA VR1 =
> VR1<-DATOS$FC
> #

```

```

> #GRAFICOS DE NORMALIDAD
> boxplot(VR1 ~ DATOS$TRAT , xlab="EDAD DE CORTE", ylab="PESO FINAL", mai
n="EPS ", 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-Wilk normality test

data:  A1
W = 0.80732, p-value = 0.1321

> shapiro.test(B1)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  B1
W = 1, p-value = 1

> shapiro.test(C1)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  C1
W = 0.98492, p-value = 0.7649

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

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  VR1 by DATOS$TRAT
Bartlett's K-squared = 0.064755, df = 2, p-value = 0.9681

> fligner.test(VR1 ~ DATOS$TRAT)

      Fligner-Killeen test of homogeneity of variances

data:  VR1 by DATOS$TRAT
Fligner-Killeen:med chi-squared = 0.061508, df = 2, p-value = 0.9697

> leveneTest(VR1 ~ DATOS$TRAT,center = "median")
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")
      Df F value Pr(>F)
group  2  0.0133 0.9868
      6

> #
> #GENERAR MODELO ADITIVO
> MODELO1 <- aov(VR1 ~ TRAT, data = DATOS)

```

```

> summary.lm(MODELO1)

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

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.16667 -0.12000  0.02000  0.09333  0.13000

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 21.59667    0.07834   275.68 1.54e-13 ***
TRAT60D     -3.88667    0.11079   -35.08 3.57e-08 ***
TRAT75D     -3.35667    0.11079   -30.30 8.58e-08 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.1357 on 6 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9959, Adjusted R-squared:  0.9945
F-statistic: 723.9 on 2 and 6 DF, p-value: 7.031e-08

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

Response: VR1
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
TRAT    2  26.6543  13.3271   723.86 7.031e-08 ***
Residuals 6   0.1105   0.0184
---
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 ~ TRAT, data = DATOS)

$TRAT
      diff      lwr      upr    p adj
60D-45D -3.886667 -4.2265959 -3.5467374 0.0000001
75D-45D -3.356667 -3.6965959 -3.0167374 0.0000004
75D-60D  0.530000  0.1900707  0.8699293 0.0072871

> plot(TukeyHSD(MODELO1))
> #
> library(agricolae)
> outHSD <-HSD.test(MODELO1, "TRAT",console=TRUE)

Study: MODELO1 ~ "TRAT"

HSD Test for VR1

Mean Square Error:  0.01841111

TRAT, means
      VR1      std r      se    Min    Max    Q25    Q50    Q75

```

```

45D 21.59667 0.1446836 3 0.07833924 21.43 21.69 21.550 21.67 21.680
60D 17.71000 0.1200000 3 0.07833924 17.59 17.83 17.650 17.71 17.770
75D 18.24000 0.1410674 3 0.07833924 18.09 18.37 18.175 18.26 18.315

```

Alpha: 0.05 ; DF Error: 6  
Critical Value of Studentized Range: 4.339195

Minimum Significant Difference: 0.3399293

Treatments with the same letter are not significantly different.

```

          VR1 groups
45D 21.59667      a
75D 18.24000      b
60D 17.71000      c
> #
> #
> #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:
<Enter> para ver el próximo gráfico: <Enter> para ver el próximo gráfico:
o:
> #
> # TEST DE NORMALIDAD DE RESIDUOS DE SHAPIRO WILKS
> shapiro.test(MODELO1$residuals)

```

Shapiro-Wilk normality test

```

data: MODELO1$residuals
W = 0.87806, p-value = 0.1498

```

### **Anexo 6. Línea de comandos y resultados obtenidos para la composición nutricional de cebada en base seca (%) a los 45, 60 y 75 días – Fibra detergente neutro**

```

> setwd("C:/Users/User/Documents/tesis/COMQUI")
> DATOS <- read.csv("C:/Users/User/Documents/tesis/COMQUI/DATACOMPOSICION.csv")
> DATOS<-read.csv('DATACOMPOSICION.csv', sep = ";", header = T)
> #head(DATOS)
> DATOS$TRAT <- as.factor(DATOS$TRAT)
> #DATOS$E_CORTE <- as.factor(DATOS$E_CORTE)
> str(DATOS)
'data.frame':  9 obs. of  11 variables:
 $ TRAT: Factor w/ 3 levels "45D","60D","75D": 1 1 1 2 2 2 3 3 3
 $ REP : chr  "R1" "R2" "R3" "R1" ...
 $ PRO : num  19.9 19.8 19.5 15.2 15.4 ...
 $ EE  : num  3.24 3.27 3.25 2.7 2.75 2.74 2.62 2.63 2.63
 $ FC  : num  21.7 21.4 21.7 17.7 17.6 ...
 $ FND : num  61 60.9 60.6 49 48.9 ...
 $ FDA : num  37.8 37.7 37.5 28.5 28.6 ...
 $ CE  : num  11.3 11.3 11.3 8.66 8.66 8.66 8.08 8.08 8.08
 $ MO  : num  88.7 88.7 88.7 91.3 91.3 ...
 $ CA  : num  0.56 0.56 0.55 0.4 0.4 0.4 0.36 0.35 0.35
 $ P   : num  0.58 0.58 0.58 0.44 0.45 0.45 0.39 0.38 0.38
> library(car)

```

```

> library(emmeans)
> library(psych)
> #
> # ESTADISTICA DESCRIPTIVA
> #
> #generar subconjuntos por edad de corte
> D45<-subset(DATOS, TRAT == "45D")
> D60<-subset(DATOS, TRAT == "60D")
> D75<-subset(DATOS, TRAT == "75D")
> #
> #
> #
> # VER VARIABLES RESPUESTAS EN PASTOS DE DIFERENTES MOMENTOS DE CORTE
> #
> A1 <- D45$FND
> B1 <- D60$FND
> C1 <- D75$FND
> #
> #DATOS DESCRIPTIVOS
> #
> describe(A1)
  vars n  mean   sd median trimmed  mad   min   max range  skew kurtosis
se
X1     1 3 60.82 0.25  60.86   60.82 0.28 60.56 61.05  0.49 -0.15   -2.33
0.14
> describe(B1)
  vars n  mean   sd median trimmed  mad   min   max range  skew kurtosis
se
X1     1 3 49.01 0.11  48.97   49.01 0.06 48.93 49.13  0.2 0.32   -2.33
0.06
> describe(C1)
  vars n  mean   sd median trimmed  mad   min   max range  skew kurtosis
se
X1     1 3 47.17 0.38  47.2   47.17 0.5 46.78 47.54  0.76 -0.07   -2.33
0.22
> #VARIABLE RESPUESTA VR1 =
> VR1<-DATOS$FND
> #
> #GRAFICOS DE NORMALIDAD
> boxplot(VR1 ~ DATOS$TRAT , xlab="EDAD DE CORTE", ylab="PESO FINAL", mai
n="EPS ", 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-Wilk normality test

data:  A1
W = 0.98348, p-value = 0.7538

> shapiro.test(B1)

```

```

Shapiro-Wilk normality test

data: B1
W = 0.89286, p-value = 0.3631

> shapiro.test(C1)

Shapiro-Wilk normality test

data: C1
W = 0.99632, p-value = 0.8841

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

Bartlett test of homogeneity of variances

data: VR1 by DATOS$TRAT
Bartlett's K-squared = 2.1969, df = 2, p-value = 0.3334

> fligner.test(VR1 ~ DATOS$TRAT)

Fligner-Killeen test of homogeneity of variances

data: VR1 by DATOS$TRAT
Fligner-Killeen:med chi-squared = 2.0503, df = 2, p-value = 0.3588

> leveneTest(VR1 ~ DATOS$TRAT,center = "median")
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")
  Df F value Pr(>F)
group 2  0.9841 0.4269
      6

> #
> #GENERAR MODELO ADITIVO
> MODELO1 <- aov(VR1 ~ TRAT, data = DATOS)
> summary.lm(MODELO1)

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

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.39333 -0.08000  0.02667  0.12000  0.36667

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  60.8233     0.1553   391.56 1.87e-14 ***
TRAT60D     -11.8133     0.2197   -53.77 2.78e-09 ***
TRAT75D     -13.6500     0.2197   -62.14 1.17e-09 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.2691 on 6 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9987, Adjusted R-squared:  0.9982
F-statistic: 2274 on 2 and 6 DF, p-value: 2.287e-09

> #
> #ANALISIS DE VARIANZA

```

```

> anova(MODELO1)
Analysis of Variance Table

Response: VR1
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
TRAT    2  329.25  164.625  2274.2 2.287e-09 ***
Residuals 6    0.43    0.072
---
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 ~ TRAT, data = DATOS)

$TRAT
      diff      lwr      upr    p adj
60D-45D -11.813333 -12.487372 -11.139295 0.0000000
75D-45D -13.650000 -14.324038 -12.975962 0.0000000
75D-60D  -1.836667  -2.510705  -1.162628 0.0003906

> plot(TukeyHSD(MODELO1))
> #
> library(agricolae)
> outHSD <-HSD.test(MODELO1, "TRAT",console=TRUE)

Study: MODELO1 ~ "TRAT"

HSD Test for VR1

Mean Square Error:  0.07238889

TRAT,  means

      VR1      std r      se   Min   Max   Q25   Q50   Q75
45D 60.82333 0.2470493 3 0.1553371 60.56 61.05 60.71 60.86 60.955
60D 49.01000 0.1058301 3 0.1553371 48.93 49.13 48.95 48.97 49.050
75D 47.17333 0.3807011 3 0.1553371 46.78 47.54 46.99 47.20 47.370

Alpha: 0.05 ; DF Error: 6
Critical Value of Studentized Range: 4.339195

Minimum Significant Difference: 0.6740382

Treatments with the same letter are not significantly different.

      VR1 groups
45D 60.82333      a
60D 49.01000      b
75D 47.17333      c
> #
> #
> #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:
<Enter> para ver el próximo gráfico: <Enter> para ver el próximo gráfico:
o:
> #
> # TEST DE NORMALIDAD DE RESIDUOS DE SHAPIRO WILKS
> shapiro.test(MODELO1$residuals)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  MODELO1$residuals
W = 0.98238, p-value = 0.9754

```

### **Anexo 7. Línea de comandos y resultados obtenidos para la composición nutricional de cebada en base seca (%) a los 45, 60 y 75 días – Fibra detergente acida**

```

> setwd("C:/Users/User/Documents/tesis/COMQUI")
> DATOS <- read.csv("C:/Users/User/Documents/tesis/COMQUI/DATACOMPOSICION.csv")
> DATOS<-read.csv('DATACOMPOSICION.csv', sep = ";", header = T)
> #head(DATOS)
> DATOS$TRAT <- as.factor(DATOS$TRAT)
> #DATOS$E_CORTE <- as.factor(DATOS$E_CORTE)
> str(DATOS)
'data.frame':  9 obs. of  11 variables:
 $ TRAT: Factor w/ 3 levels "45D","60D","75D": 1 1 1 2 2 2 3 3 3
 $ REP : chr  "R1" "R2" "R3" "R1" ...
 $ PRO : num  19.9 19.8 19.5 15.2 15.4 ...
 $ EE  : num  3.24 3.27 3.25 2.7 2.75 2.74 2.62 2.63 2.63
 $ FC  : num  21.7 21.4 21.7 17.7 17.6 ...
 $ FND : num  61 60.9 60.6 49 48.9 ...
 $ FDA : num  37.8 37.7 37.5 28.5 28.6 ...
 $ CE  : num  11.3 11.3 11.3 8.66 8.66 8.66 8.08 8.08 8.08
 $ MO  : num  88.7 88.7 88.7 91.3 91.3 ...
 $ CA  : num  0.56 0.56 0.55 0.4 0.4 0.4 0.36 0.35 0.35
 $ P   : num  0.58 0.58 0.58 0.44 0.45 0.45 0.39 0.38 0.38
> library(car)
> library(emmeans)
> library(psych)
> #
> # ESTADISTICA DESCRIPTIVA
> #
> #generar subconjuntos por edad de corte
> D45<-subset(DATOS, TRAT == "45D")
> D60<-subset(DATOS, TRAT == "60D")
> D75<-subset(DATOS, TRAT == "75D")
> #
> #
> #
> # VER VARIABLES RESPUESTAS EN PASTOS DE DIFERENTES MOMENTOS DE CORTE
> #
> A1 <- D45$FDA
> B1 <- D60$FDA
> C1 <- D75$FDA
> #
> #DATOS DESCRIPTIVOS
> #
> describe(A1)
 vars n mean sd median trimmed mad min max range skew kurtosis
se

```

```

X1      1 3 37.65 0.18  37.68    37.65 0.19 37.46 37.81  0.35 -0.16    -2.33
0.1
> describe(B1)
  vars n  mean   sd median trimmed  mad   min   max range skew kurtosis
se
X1      1 3 28.59 0.07  28.57    28.59 0.04 28.54 28.67  0.13  0.3    -2.33
0.04
> describe(C1)
  vars n  mean   sd median trimmed  mad   min   max range skew kurtosis
se
X1      1 3 27.66 0.29  27.69    27.66 0.37 27.36 27.94  0.58 -0.09    -2.33
0.17
> #VARIABLE RESPUESTA VR1 =
> VR1<-DATOS$FDA
> #
> #GRAFICOS DE NORMALIDAD
> boxplot(VR1 ~ DATOS$TRAT , xlab="EDAD DE CORTE", ylab="PESO FINAL", mai
n="EPS ", 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-Wilk normality test

data:  A1
W = 0.97843, p-value = 0.7185

> shapiro.test(B1)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  B1
W = 0.91187, p-value = 0.4244

> shapiro.test(C1)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  C1
W = 0.9937, p-value = 0.8482

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

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  VR1 by DATOS$TRAT
Bartlett's K-squared = 2.7254, df = 2, p-value = 0.256

```

```

> fligner.test(VR1 ~ DATOS$TRAT)

      Fligner-Killeen test of homogeneity of variances

data:  VR1 by DATOS$TRAT
Fligner-Killeen:med chi-squared = 2.0503, df = 2, p-value = 0.3588

> leveneTest(VR1 ~ DATOS$TRAT,center = "median")
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")
      Df F value Pr(>F)
group  2  1.1378 0.3811
      6

> #
> #GENERAR MODELO ADITIVO
> MODELO1 <- aov(VR1 ~ TRAT, data = DATOS)
> summary.lm(MODELO1)

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

Residuals:
      Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.30333 -0.05333  0.02667  0.07667  0.27667

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   37.6500     0.1157   325.29 5.70e-14 ***
TRAT60D       -9.0567     0.1637   -55.33 2.34e-09 ***
TRAT75D       -9.9867     0.1637   -61.01 1.30e-09 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.2005 on 6 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9987, Adjusted R-squared:  0.9982
F-statistic: 2272 on 2 and 6 DF, p-value: 2.293e-09

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

Response: VR1
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
TRAT   2 182.622   91.311   2272 2.293e-09 ***
Residuals 6   0.241    0.040
---
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 ~ TRAT, data = DATOS)

$TRAT
      diff          lwr          upr          p adj
60D-45D -9.056667 -9.558895 -8.5544379 0.0000000
75D-45D -9.986667 -10.488895 -9.4844379 0.0000000
75D-60D -0.930000 -1.432229 -0.4277712 0.0030957

```

```

> plot(TukeyHSD(MODELO1))
> #
> library(agricolae)
> outHSD <-HSD.test(MODELO1, "TRAT",console=TRUE)

Study: MODELO1 ~ "TRAT"

HSD Test for VR1

Mean Square Error: 0.04018889

TRAT, means

      VR1      std r      se   Min   Max   Q25   Q50   Q75
45D 37.65000 0.17691806 3 0.1157424 37.46 37.81 37.570 37.68 37.745
60D 28.59333 0.06806859 3 0.1157424 28.54 28.67 28.555 28.57 28.620
75D 27.66333 0.29091809 3 0.1157424 27.36 27.94 27.525 27.69 27.815

Alpha: 0.05 ; DF Error: 6
Critical Value of Studentized Range: 4.339195

Minimum Significant Difference: 0.5022288

Treatments with the same letter are not significantly different.

      VR1 groups
45D 37.65000    a
60D 28.59333    b
75D 27.66333    c
> #
> #
> #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:
<Enter> para ver el próximo gráfico: <Enter> para ver el próximo gráfico:
o:
> #
> # TEST DE NORMALIDAD DE RESIDUOS DE SHAPIRO WILKS
> shapiro.test(MODELO1$residuals)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  MODELO1$residuals
W = 0.97855, p-value = 0.9564

```

### **Anexo 8. Línea de comandos y resultados obtenidos para la composición nutricional de cebada en base seca (%) a los 45, 60 y 75 días – Ceniza**

```

> setwd("C:/Users/User/Documents/tesis/COMQUI")
> DATOS <- read.csv("C:/Users/User/Documents/tesis/COMQUI/ DATACOMPOSICION.csv")
> DATOS<-read.csv(' DATACOMPOSICION.csv', sep = ";", header = T)
> #head(DATOS)
> DATOS$TRAT <- as.factor(DATOS$TRAT)
> #DATOS$E_CORTE <- as.factor(DATOS$E_CORTE)

```

```

> str(DATOS)
'data.frame':  9 obs. of  11 variables:
 $ TRAT      : Factor w/ 3 levels "45D","60D","75D": 1 1 1 2 2 2 3 3 3
 $ REP       : chr  "R1" "R2" "R3" "R1" ...
 $ PROT_P    : num  19.9 19.8 19.5 15.2 15.4 ...
 $ EE_P      : num  3.24 3.27 3.25 2.7 2.75 ...
 $ FC_P      : num  21.7 21.4 21.7 17.7 17.6 ...
 $ FDN_P     : num  61 60.9 60.6 49 48.9 ...
 $ FDA_P     : num  37.8 37.7 37.5 28.5 28.6 ...
 $ CENIZA_P  : num  11.3 11.53 11.32 8.66 8.66 ...
 $ MO_P      : num  88.7 88.6 88.6 91.3 91.3 ...
 $ Ca_P      : num  0.56 0.56 0.554 0.399 0.404 ...
 $ P_P       : num  0.584 0.583 0.576 0.445 0.445 ...
> #
> View(DATOS)
> library(car)
> library(emmeans)
> library(psych)
> #
> # ESTADISTICA DESCRIPTIVA
> #
> #generar subconjuntos por edad de corte
> D45<-subset(DATOS, TRAT == "45D")
> D60<-subset(DATOS, TRAT == "60D")
> D75<-subset(DATOS, TRAT == "75D")
> #
> #
> # VER VARIABLES RESPUESTAS EN PASTOS DE DIFERENTES MOMENTOS DE CORTE
> #
> A1 <- D45$CE
> B1 <- D60$CE
> C1 <- D75$CE
> #
> #DATOS DESCRIPTIVOS
> #
> describe(A1)
  vars n  mean   sd median trimmed  mad  min  max range skew kurtosis
se
X1    1 3 11.38 0.12  11.32   11.38 0.03 11.3 11.53  0.22 0.37   -2.33 0
.07
> describe(B1)
  vars n mean  sd median trimmed mad  min  max range skew kurtosis se
X1    1 3 8.66  0  8.66   8.66  0 8.66 8.66  0  0   -2.33  0
> describe(C1)
  vars n mean   sd median trimmed  mad  min  max range skew kurtosis  s
e
X1    1 3 8.09 0.04  8.08   8.09 0.05 8.05 8.13  0.08 0.15   -2.33 0.0
2
> #VARIABLE RESPUESTA VR1 =
> VR1<-DATOS$CE
> #
> #GRAFICOS DE NORMALIDAD
> boxplot(VR1 ~ DATOS$TRAT , xlab="EDAD DE CORTE", ylab="PESO FINAL", mai
n="EPS ", 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-Wilk normality test

data:  A1
W = 0.82352, p-value = 0.172

> shapiro.test(B1)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  B1
W = 1, p-value = 1

> shapiro.test(C1)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  C1
W = 0.98199, p-value = 0.7429

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

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  VR1 by DATOS$TRAT
Bartlett's K-squared = 12.177, df = 2, p-value = 0.002268

> fligner.test(VR1 ~ DATOS$TRAT)

      Fligner-Killeen test of homogeneity of variances

data:  VR1 by DATOS$TRAT
Fligner-Killeen:med chi-squared = 1.3257, df = 2, p-value = 0.5154

> leveneTest(VR1 ~ DATOS$TRAT,center = "median")
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")
      Df F value Pr(>F)
group  2  0.9649 0.4332
      6

> #
> #GENERAR MODELO ADITIVO
> MODELO1 <- aov(VR1 ~ TRAT, data = DATOS)
> summary.lm(MODELO1)

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

Residuals:
      Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.08133 -0.03733 -0.00200  0.00200  0.14067

Coefficients:

```

```

              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 11.38433    0.04299  264.79 1.96e-13 ***
TRAT60D     -2.72333    0.06080  -44.79 8.29e-09 ***
TRAT75D     -3.29800    0.06080  -54.24 2.64e-09 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.07447 on 6 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9982, Adjusted R-squared:  0.9976
F-statistic: 1679 on 2 and 6 DF, p-value: 5.671e-09

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

Response: VR1
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
TRAT    2 18.6236   9.3118  1679.2 5.671e-09 ***
Residuals 6  0.0333   0.0055
---
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 ~ TRAT, data = DATOS)

$TRAT
      diff      lwr      upr    p adj
60D-45D -2.7233333 -2.9098888 -2.5367778 0.0000000
75D-45D -3.2980000 -3.4845555 -3.1114445 0.0000000
75D-60D -0.5746667 -0.7612222 -0.3881112 0.0001965

> plot(TukeyHSD(MODELO1))
> #
> library(agricolae)
> outHSD <-HSD.test(MODELO1, "TRAT",console=TRUE)

Study: MODELO1 ~ "TRAT"

HSD Test for VR1

Mean Square Error:  0.005545222

TRAT, means

      VR1      std r      se      Min      Max      Q25      Q50      Q75
45D 11.384333 0.12231653 3 0.04299311 11.303 11.525 11.3140 11.325 11.425
60D  8.661000 0.00200000 3 0.04299311  8.659  8.663  8.6600  8.661  8.662
75D  8.086333 0.04086971 3 0.04299311  8.049  8.130  8.0645  8.080  8.105

Alpha: 0.05 ; DF Error: 6
Critical Value of Studentized Range: 4.339195

Minimum Significant Difference: 0.1865555

Treatments with the same letter are not significantly different.

```

```

          VR1 groups
45D 11.384333      a
60D  8.661000      b
75D  8.086333      c
> #
> #
> #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:
#
<Enter> para ver el próximo gráfico: <Enter> para ver el próximo gráfico:
o: #
> # TEST DE NORMALIDAD DE RESIDUOS DE SHAPIRO WILKS
> shapiro.test(MODELO1$residuals)

```

Shapiro-Wilk normality test

```

data: MODELO1$residuals
W = 0.89416, p-value = 0.2201

```

### **Anexo 9. Línea de comandos y resultados obtenidos para la composición nutricional de cebada en base seca (%) a los 45, 60 y 75 días – Materia orgánica**

```

> setwd("C:/Users/User/Documents/tesis/COMQUI")
> DATOS <- read.csv("C:/Users/User/Documents/tesis/COMQUI/ DATACOMPOSICION.
N.csv")
> DATOS<-read.csv(' DATACOMPOSICION.csv', sep = ";", header = T)
> #head(DATOS)
> DATOS$TRAT <- as.factor(DATOS$TRAT)
> #DATOS$E_CORTE <- as.factor(DATOS$E_CORTE)
> str(DATOS)
'data.frame':  9 obs. of  11 variables:
 $ TRAT      : Factor w/ 3 levels "45D","60D","75D": 1 1 1 2 2 2 3 3 3
 $ REP       : chr  "R1" "R2" "R3" "R1" ...
 $ PROT_P   : num  19.9 19.8 19.5 15.2 15.4 ...
 $ EE_P     : num  3.24 3.27 3.25 2.7 2.75 ...
 $ FC_P     : num  21.7 21.4 21.7 17.7 17.6 ...
 $ FDN_P    : num  61 60.9 60.6 49 48.9 ...
 $ FDA_P    : num  37.8 37.7 37.5 28.5 28.6 ...
 $ CENIZA_P: num  11.3 11.53 11.32 8.66 8.66 ...
 $ MO_P     : num  88.7 88.6 88.6 91.3 91.3 ...
 $ Ca_P     : num  0.56 0.56 0.554 0.399 0.404 ...
 $ P_P      : num  0.584 0.583 0.576 0.445 0.445 ...
> library(car)
> library(emmeans)
> library(psych)
> #
> # ESTADISTICA DESCRIPTIVA
> #
> #generar subconjuntos por edad de corte
> D45<-subset(DATOS, TRAT == "45D")
> D60<-subset(DATOS, TRAT == "60D")
> D75<-subset(DATOS, TRAT == "75D")
> #

```

```

> #
> # VER VARIABLES RESPUESTAS EN PASTOS DE DIFERENTES MOMENTOS DE CORTE
> #
> A1 <- D45$MO
> B1 <- D60$MO
> C1 <- D75$MO
> #
> #DATOS DESCRIPTIVOS
> #
> describe(A1)
  vars n  mean   sd median trimmed  mad  min  max range skew kurtosis  s
e
X1     1 3 88.64 0.05  88.62   88.64 0.03 88.6 88.7   0.1 0.31   -2.33 0.
03
> describe(B1)
  vars n  mean   sd median trimmed  mad  min  max range skew kurtosis  s
e
X1     1 3 91.32 0.02  91.33   91.32 0.02 91.29 91.34  0.04 -0.27   -2.33
0.01
> describe(C1)
  vars n  mean   sd median trimmed  mad  min  max range skew kurtosis  s
e
X1     1 3 91.95 0.06  91.92   91.95  0 91.92 92.02  0.1 0.38   -2.33 0
.03
> #VARIABLE RESPUESTA VR1 =
> VR1<-DATOS$MO
> #
> #GRAFICOS DE NORMALIDAD
> boxplot(VR1 ~ DATOS$TRAT , xlab="EDAD DE CORTE", ylab="PESO FINAL", mai
n="EPS ", 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-Wilk normality test

```

data:  A1
W = 0.90402, p-value = 0.3984

```

```

> shapiro.test(B1)

```

Shapiro-Wilk normality test

```

data:  B1
W = 0.93232, p-value = 0.4974

```

```

> shapiro.test(C1)

```

Shapiro-Wilk normality test

```

data:  C1

```

```

W = 0.77248, p-value = 0.05036

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

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  VR1 by DATOS$TRAT
Bartlett's K-squared = 1.2512, df = 2, p-value = 0.5349

> fligner.test(VR1 ~ DATOS$TRAT)

      Fligner-Killeen test of homogeneity of variances

data:  VR1 by DATOS$TRAT
Fligner-Killeen:med chi-squared = 0.1724, df = 2, p-value = 0.9174

> leveneTest(VR1 ~ DATOS$TRAT,center = "median")
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")
      Df F value Pr(>F)
group  2  0.2061 0.8193
      6

> #
> #GENERAR MODELO ADITIVO
> MODELO1 <- aov(VR1 ~ TRAT, data = DATOS)
> summary.lm(MODELO1)

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

Residuals:
      Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.04100 -0.03133 -0.01900  0.01900  0.06567

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  88.63800    0.02708 3273.09 < 2e-16 ***
TRAT60D      2.68100    0.03830   70.00 5.72e-10 ***
TRAT75D      3.31333    0.03830   86.51 1.61e-10 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.04691 on 6 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9993, Adjusted R-squared:  0.9991
F-statistic: 4219 on 2 and 6 DF, p-value: 3.587e-10

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

Response: VR1
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
TRAT    2 18.5658   9.2829  4219.3 3.587e-10 ***
Residuals 6  0.0132   0.0022
---
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 ~ TRAT, data = DATOS)

$TRAT
      diff      lwr      upr    p adj
60D-45D 2.6810000 2.5634911 2.7985089 0.0e+00
75D-45D 3.3133333 3.1958244 3.4308423 0.0e+00
75D-60D 0.6323333 0.5148244 0.7498423 7.3e-06

> plot(TukeyHSD(MODELO1))
> #
> library(agricolae)
> outHSD <-HSD.test(MODELO1, "TRAT",console=TRUE)

Study: MODELO1 ~ "TRAT"

HSD Test for VR1

Mean Square Error: 0.002200111

TRAT, means

      VR1      std r      se    Min    Max    Q25    Q50    Q75
45D 88.63800 0.05311309 3 0.02708081 88.597 88.698 88.6080 88.619 88.6585
60D 91.31900 0.02330236 3 0.02708081 91.293 91.338 91.3095 91.326 91.3320
75D 91.95133 0.05688878 3 0.02708081 91.917 92.017 91.9185 91.920 91.9685

Alpha: 0.05 ; DF Error: 6
Critical Value of Studentized Range: 4.339195

Minimun Significant Difference: 0.1175089

Treatments with the same letter are not significantly different.

      VR1 groups
75D 91.95133    a
60D 91.31900    b
45D 88.63800    c
> #
> #
> #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:
#
<Enter> para ver el próximo gráfico: <Enter> para ver el próximo gráfico:
o: #
> # TEST DE NORMALIDAD DE RESIDUOS DE SHAPIRO WILKS
> shapiro.test(MODELO1$residuals)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  MODELO1$residuals
W = 0.85913, p-value = 0.09382

```

## **Anexo 10. Línea de comandos y resultados obtenidos para la composición nutricional de cebada en base seca (%) a los 45, 60 y 75 días – Calcio**

```

> setwd("C:/Users/User/Documents/tesis/COMQUI")
> DATOS <- read.csv("C:/Users/User/Documents/tesis/COMQUI/DATACOMPOSICION
.csv")
> DATOS<-read.csv('DATACOMPOSICION.csv', sep = ";", header = T)
> #head(DATOS)
> DATOS$TRAT <- as.factor(DATOS$TRAT)
> #DATOS$E_CORTE <- as.factor(DATOS$E_CORTE)
> str(DATOS)
'data.frame': 9 obs. of 11 variables:
 $ TRAT: Factor w/ 3 levels "45D","60D","75D": 1 1 1 2 2 2 3 3 3
 $ REP : chr "R1" "R2" "R3" "R1" ...
 $ PRO : num 19.9 19.8 19.5 15.2 15.4 ...
 $ EE : num 3.24 3.27 3.25 2.7 2.75 2.74 2.62 2.63 2.63
 $ FC : num 21.7 21.4 21.7 17.7 17.6 ...
 $ FND : num 61 60.9 60.6 49 48.9 ...
 $ FDA : num 37.8 37.7 37.5 28.5 28.6 ...
 $ CE : num 11.3 11.3 11.3 8.66 8.66 8.66 8.08 8.08 8.08
 $ MO : num 88.7 88.7 88.7 91.3 91.3 ...
 $ CA : num 0.56 0.56 0.55 0.4 0.4 0.4 0.36 0.35 0.35
 $ P : num 0.58 0.58 0.58 0.44 0.45 0.45 0.39 0.38 0.38
> library(car)
> library(emmeans)
> library(psych)
> #
> # ESTADISTICA DESCRIPTIVA
> #
> #generar subconjuntos por edad de corte
> D45<-subset(DATOS, TRAT == "45D")
> D60<-subset(DATOS, TRAT == "60D")
> D75<-subset(DATOS, TRAT == "75D")
> #
> #
> # VER VARIABLES RESPUESTAS EN PASTOS DE DIFERENTES MOMENTOS DE CORTE
> #
> A1 <- D45$CA
> B1 <- D60$CA
> C1 <- D75$CA
> #
> #DATOS DESCRIPTIVOS
> #
> describe(A1)
 vars n mean sd median trimmed mad min max range skew kurtosis se
X1 1 3 0.56 0.01 0.56 0.56 0 0.55 0.56 0.01 -0.38 -2.33 0
> describe(B1)
 vars n mean sd median trimmed mad min max range skew kurtosis se
X1 1 3 0.4 0 0.4 0.4 0 0.4 0.4 0 NaN NaN 0
> describe(C1)
 vars n mean sd median trimmed mad min max range skew kurtosis se
X1 1 3 0.35 0.01 0.35 0.35 0 0.35 0.36 0.01 0.38 -2.33 0
> #VARIABLE RESPUESTA VR1 =
> VR1<-DATOS$CA
> #GRAFICOS DE NORMALIDAD
> boxplot(VR1 ~ DATOS$TRAT , xlab="EDAD DE CORTE", ylab="PESO FINAL", mai
n="EPS ", 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-Wilk normality test

data:  A1
W = 0.75, p-value < 2.2e-16

> shapiro.test(B1)
Error en shapiro.test(B1): all 'x' values are identical
> shapiro.test(C1)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  C1
W = 0.75, p-value < 2.2e-16

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

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  VR1 by DATOS$TRAT
Bartlett's K-squared = Inf, df = 2, p-value < 2.2e-16

> fligner.test(VR1 ~ DATOS$TRAT)

      Fligner-Killeen test of homogeneity of variances

data:  VR1 by DATOS$TRAT
Fligner-Killeen:med chi-squared = 1.1429, df = 2, p-value = 0.5647

> leveneTest(VR1 ~ DATOS$TRAT,center = "median")
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")
  Df F value Pr(>F)
group 2      0.5 0.6297
      6

> #
> #GENERAR MODELO ADITIVO
> MODELO1 <- aov(VR1 ~ TRAT, data = DATOS)
> summary.lm(MODELO1)

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

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.006667 -0.003333  0.000000  0.003333  0.006667

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  0.556667   0.002722  204.53 9.22e-13 ***

```

```

TRAT60D      -0.156667    0.003849   -40.70 1.47e-08 ***
TRAT75D      -0.203333    0.003849   -52.83 3.09e-09 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

```

Residual standard error: 0.004714 on 6 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.998,    Adjusted R-squared:  0.9974
F-statistic: 1532 on 2 and 6 DF,  p-value: 7.472e-09

```

```

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

```

```

Response: VR1
      Df  Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
TRAT    2 0.068067  0.034033  1531.5 7.472e-09 ***
Residuals 6 0.000133 0.000022
---

```

```

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 ~ TRAT, data = DATOS)

```

```

$TRAT
      diff      lwr      upr    p adj
60D-45D -0.1566667 -0.16847646 -0.14485687 0.00e+00
75D-45D -0.20333333 -0.21514313 -0.19152354 0.00e+00
75D-60D -0.04666667 -0.05847646 -0.03485687 4.72e-05

```

```

> plot(TukeyHSD(MODELO1))
> #
> library(agricolae)
> outHSD <-HSD.test(MODELO1, "TRAT",console=TRUE)

```

```

Study: MODELO1 ~ "TRAT"

```

```

HSD Test for VR1

```

```

Mean Square Error: 2.222222e-05

```

```

TRAT, means

```

```

      VR1      std r      se  Min  Max  Q25  Q50  Q75
45D 0.5566667 0.005773503 3 0.002721655 0.55 0.56 0.555 0.56 0.560
60D 0.4000000 0.000000000 3 0.002721655 0.40 0.40 0.400 0.40 0.400
75D 0.3533333 0.005773503 3 0.002721655 0.35 0.36 0.350 0.35 0.355

```

```

Alpha: 0.05 ; DF Error: 6
Critical Value of Studentized Range: 4.339195

```

```

Minimum Significant Difference: 0.01180979

```

```

Treatments with the same letter are not significantly different.

```

```

VR1 groups

```

```

45D 0.5566667      a
60D 0.4000000      b
75D 0.3533333      c
> #
> #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:
#
<Enter> para ver el próximo gráfico: <Enter> para ver el próximo gráfico:
o: #
> # TEST DE NORMALIDAD DE RESIDUOS DE SHAPIRO WILKS
> shapiro.test(MODELO1$residuals)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  MODELO1$residuals
W = 0.96307, p-value = 0.8299

```

### **Anexo 11. Línea de comandos y resultados obtenidos para la composición nutricional de cebada en base seca (%) a los 45, 60 y 75 días – Fósforo**

```

> setwd("C:/Users/User/Documents/tesis/COMQUI")
> DATOS <- read.csv("C:/Users/User/Documents/tesis/COMQUI/DATACOMPOSICION
.csv")
> DATOS<-read.csv('DATACOMPOSICION.csv', sep = ";", header = T)
> #head(DATOS)
> DATOS$TRAT <- as.factor(DATOS$TRAT)
> #DATOS$E_CORTE <- as.factor(DATOS$E_CORTE)
> str(DATOS)
'data.frame':  9 obs. of  11 variables:
 $ TRAT:  Factor w/ 3 levels "45D","60D","75D": 1 1 1 2 2 2 3 3 3
 $ REP :  chr  "R1" "R2" "R3" "R1" ...
 $ PRO :  num  19.9 19.8 19.5 15.2 15.4 ...
 $ EE  :  num  3.24 3.27 3.25 2.7 2.75 2.74 2.62 2.63 2.63
 $ FC  :  num  21.7 21.4 21.7 17.7 17.6 ...
 $ FND :  num  61 60.9 60.6 49 48.9 ...
 $ FDA :  num  37.8 37.7 37.5 28.5 28.6 ...
 $ CE  :  num  11.3 11.3 11.3 8.66 8.66 8.66 8.08 8.08 8.08
 $ MO  :  num  88.7 88.7 88.7 91.3 91.3 ...
 $ CA  :  num  0.56 0.56 0.55 0.4 0.4 0.4 0.36 0.35 0.35
 $ P   :  num  0.58 0.58 0.58 0.44 0.45 0.45 0.39 0.38 0.38
> library(car)
> library(emmeans)
> library(psych)
> #
> # ESTADISTICA DESCRIPTIVA
> #
> #generar subconjuntos por edad de corte
> D45<-subset(DATOS, TRAT == "45D")
> D60<-subset(DATOS, TRAT == "60D")
> D75<-subset(DATOS, TRAT == "75D")
> #
> # VER VARIABLES RESPUESTAS EN PASTOS DE DIFERENTES MOMENTOS DE CORTE
> #
> A1 <- D45$P
> B1 <- D60$P

```

```

> C1 <- D75$P
> #
> #DATOS DESCRIPTIVOS
> #
> describe(A1)
  vars n mean sd median trimmed mad min max range skew kurtosis se
X1    1 3 0.58 0 0.58 0.58 0 0.58 0.58 0 NaN NaN 0
> describe(B1)
  vars n mean sd median trimmed mad min max range skew kurtosis se
X1    1 3 0.45 0.01 0.45 0.45 0 0.44 0.45 0.01 -0.38 -2.33 0
> describe(C1)
  vars n mean sd median trimmed mad min max range skew kurtosis se
X1    1 3 0.38 0.01 0.38 0.38 0 0.38 0.39 0.01 0.38 -2.33 0
> #VARIABLE RESPUESTA VR1 =
> VR1<-DATOS$P
> #
> #GRAFICOS DE NORMALIDAD
> boxplot(VR1 ~ DATOS$TRAT , xlab="EDAD DE CORTE", ylab="PESO FINAL", mai
n="EPS ", 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)
Error en shapiro.test(A1): all 'x' values are identical
> shapiro.test(B1)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  B1
W = 0.75, p-value < 2.2e-16

> shapiro.test(C1)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  C1
W = 0.75, p-value < 2.2e-16

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

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  VR1 by DATOS$TRAT
Bartlett's K-squared = Inf, df = 2, p-value < 2.2e-16

> fligner.test(VR1 ~ DATOS$TRAT)

      Fligner-Killeen test of homogeneity of variances

data:  VR1 by DATOS$TRAT

```

```

Fligner-Killeen:med chi-squared = 1.1429, df = 2, p-value = 0.5647

> leveneTest(VR1 ~ DATOS$TRAT,center = "median")
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")
      Df F value Pr(>F)
group  2     0.5 0.6297
      6

> #
> #GENERAR MODELO ADITIVO
> MODELO1 <- aov(VR1 ~ TRAT, data = DATOS)
> summary.lm(MODELO1)

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

Residuals:
      Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.006667 -0.003333  0.000000  0.003333  0.006667

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  0.580000    0.002722   213.11 7.20e-13 ***
TRAT60D      -0.133333    0.003849   -34.64 3.86e-08 ***
TRAT75D      -0.196667    0.003849   -51.09 3.77e-09 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.004714 on 6 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9978, Adjusted R-squared:  0.9971
F-statistic: 1360 on 2 and 6 DF, p-value: 1.065e-08

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

Response: VR1
      Df  Sum Sq  Mean Sq F value    Pr(>F)
TRAT    2 0.060467  0.0302333  1360.5 1.065e-08 ***
Residuals  6 0.000133  0.0000222
---
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 ~ TRAT, data = DATOS)

$TRAT
      diff          lwr          upr    p adj
60D-45D -0.13333333 -0.14514313 -0.12152354 2.0e-07
75D-45D -0.19666667 -0.20847646 -0.18485687 0.0e+00
75D-60D -0.06333333 -0.07514313 -0.05152354 7.5e-06

> plot(TukeyHSD(MODELO1))
> #
> library(agricolae)
> outHSD <-HSD.test(MODELO1, "TRAT",console=TRUE)

```

Study: MODELO1 ~ "TRAT"

HSD Test for VR1

Mean Square Error: 2.222222e-05

TRAT, means

	VR1	std r	se	Min	Max	Q25	Q50	Q75
45D	0.5800000	0.000000000	3 0.002721655	0.58	0.58	0.580	0.58	0.580
60D	0.4466667	0.005773503	3 0.002721655	0.44	0.45	0.445	0.45	0.450
75D	0.3833333	0.005773503	3 0.002721655	0.38	0.39	0.380	0.38	0.385

Alpha: 0.05 ; DF Error: 6

Critical Value of Studentized Range: 4.339195

Minimum Significant Difference: 0.01180979

Treatments with the same letter are not significantly different.

VR1 groups

45D	0.5800000	a
60D	0.4466667	b
75D	0.3833333	c

> #

> #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:

#

<Enter> para ver el próximo gráfico: <Enter> para ver el próximo gráfico:

o: #

> # TEST DE NORMALIDAD DE RESIDUOS DE SHAPIRO WILKS

> shapiro.test(MODELO1\$residuals)

Shapiro-Wilk normality test

data: MODELO1\$residuals

W = 0.96307, p-value = 0.8299

## **Anexo 12. Línea de comandos y resultados obtenidos para el consumo de materia seca**

```
> setwd("C:/Users/User/Documents/tesis/COMQUI")
```

```
> DATOS <- read.csv("C:/Users/User/Documents/tesis/COMQUI/DATADIGEST.csv")
```

```
> DATOS<-read.csv('DATADIGEST.csv', sep = ";", header = T)
```

```
> #head(DATOS)
```

```
> DATOS$TRAT <- as.factor(DATOS$TRAT)
```

```
> DATOS$EDAD <- as.factor(DATOS$EDAD)
```

```
> #DATOS$E_CORTE <- as.factor(DATOS$E_CORTE)
```

```
> str(DATOS)
```

```
'data.frame': 42 obs. of 19 variables:
```

```
$ EDAD : Factor w/ 2 levels "Adultos","Crecimiento ": 2 2 2 2 2 2
```

```
2 1 1 1 ...
```

```

$ DIETA      : chr "Cebada de 45 dias " "Cebada de 45 dias " "Cebada de
45 dias " "Cebada de 45 dias " ...
$ TRAT      : Factor w/ 3 levels "45D","60D","75D": 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
...
$ TRATAM    : int  1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 ...
$ REP       : int  1 2 3 4 5 6 7 1 2 3 ...
$ PV_i     : int  469 542 590 588 584 572 575 846 878 706 ...
$ PV_f     : int  464 597 680 650 681 648 612 911 985 793 ...
$ PROM_PV  : num  466 570 635 619 632 ...
$ VAR_P    : int  -5 55 90 62 97 76 37 65 107 87 ...
$ CONS_MS  : num  96.8 113.1 117.8 111.7 124.2 ...
$ CONS_MAS_PV: num  20.8 19.9 18.5 18 19.6 ...
$ HECES_MS : num  10.9 13.6 15.4 10.1 14.1 ...
$ DIGER_MS : num  85.9 99.5 102.3 101.6 110.2 ...
$ CONS_MO_BS : num  85.2 99.6 103.7 98.3 109.4 ...
$ CONS_MO_PV : num  17.7 17.5 16.3 15.9 17.3 ...
$ HECES_MO_BS: num  10.31 12.54 14.53 9.31 12.85 ...
$ DIGER_MO  : num  74.9 87 89.1 89 96.5 ...
$ DIGEST_MS : num  88.7 88 86.9 91 88.7 ...
$ DIGESTI_MO : num  87.9 87.5 86 90.6 88.2 ...
> library(car)
> library(emmeans)
> library(psych)
> #
> # ESTADISTICA DESCRIPTIVA
> #
> #generar subconjuntos por edad de corte
> D45<-subset(DATOS, TRAT == "45D")
> D60<-subset(DATOS, TRAT == "60D")
> D75<-subset(DATOS, TRAT == "75D")
> #
> #
> # VER VARIABLES RESPUESTAS EN PASTOS DE DIFERENTES MOMENTOS DE CORTE
> #
> A1 <- D45$CONS_MS
> B1 <- D60$CONS_MS
> C1 <- D75$CONS_MS
> #
> #
> #DATOS DESCRIPTIVOS
> #
> describe(A1)
  vars n mean sd median trimmed mad min max range skew kurt
osis
X1 1 14 122.82 11.81 124.78 123.26 11.59 96.81 143.59 46.78 -0.4 -
0.37
se
X1 3.16
> describe(B1)
  vars n mean sd median trimmed mad min max range skew kurt
osis
X1 1 14 122.76 10.9 125.79 123.15 12.25 102.9 137.92 35.02 -0.24 -
1.33
se
X1 2.91
> describe(C1)
  vars n mean sd median trimmed mad min max range skew kur
tosis
X1 1 14 123.05 10.94 121.34 122.72 12.45 107.27 142.71 35.44 0.27
-1.34
se

```

```

X1 2.92
> #
> #VARIABLE RESPUESTA VR1 =
> VR1<-DATOS$CONS_MS
> #
> #GRAFICOS DE NORMALIDAD
> boxplot(VR1 ~ DATOS$TRAT , xlab="EDAD DE CORTE", ylab="PESO FINAL", mai
n="EPS ", 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)
Error: unexpected symbol in:
"# PRUEBA DE SHAPIRO PARA GRUPOS DE DATOS
shapiro.test"
> # PRUEBA DE SHAPIRO PARA GRUPOS DE DATOS
> shapiro.test(A1)

```

Shapiro-Wilk normality test

```

data: A1
W = 0.96736, p-value = 0.8395

```

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

Shapiro-Wilk normality test

```

data: B1
W = 0.95297, p-value = 0.6076

```

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

Shapiro-Wilk normality test

```

data: C1
W = 0.95668, p-value = 0.6683

```

```

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

```

Bartlett test of homogeneity of variances

```

data: VR1 by DATOS$TRAT
Bartlett's K-squared = 0.10351, df = 2, p-value = 0.9496

```

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

Fligner-Killeen test of homogeneity of variances

```
data: VR1 by DATOS$TRAT
```

Fligner-Killeen:med chi-squared = 0.087397, df = 2, p-value = 0.9572

```
> leveneTest(VR1 ~ DATOS$TRAT,center = "median")
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")
  Df F value Pr(>F)
group 2 0.0157 0.9845
      39
> #
> #GENERAR MODELO ADITIVO
> MODELO1 <- aov(VR1 ~ TRAT + EDAD + TRAT:EDAD, data = DATOS)
> summary.lm(MODELO1)
```

Call:

```
aov(formula = VR1 ~ TRAT + EDAD + TRAT:EDAD, data = DATOS)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-17.2586	-4.0471	-0.7579	3.9975	12.0129

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	
(Intercept)	131.57714	2.48242	53.004	< 2e-16	***
TRAT60D	0.06143	3.51067	0.017	0.986	
TRAT75D	0.66143	3.51067	0.188	0.852	
EDADCrecimiento	-17.50857	3.51067	-4.987	1.56e-05	***
TRAT60D:EDADCrecimiento	-0.25286	4.96484	-0.051	0.960	
TRAT75D:EDADCrecimiento	-0.87714	4.96484	-0.177	0.861	

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 6.568 on 36 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.684, Adjusted R-squared: 0.6401  
F-statistic: 15.58 on 5 and 36 DF, p-value: 3.685e-08

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

Response: VR1

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
TRAT	2	0.6	0.3	0.0074	0.9926
EDAD	1	3358.8	3358.8	77.8628	1.573e-10 ***
TRAT:EDAD	2	1.4	0.7	0.0165	0.9836
Residuals	36	1552.9	43.1		

---

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 ~ TRAT + EDAD + TRAT:EDAD, data = DATOS)

\$TRAT

	diff	lwr	upr	p adj
60D-45D	-0.0650000	-6.132774	6.002774	0.9996221
75D-45D	0.2228571	-5.844917	6.290631	0.9955671
75D-60D	0.2878571	-5.779917	6.355631	0.9926158

```

$EDAD
              diff      lwr      upr p adj
Crecimiento -Adultos -17.88524 -21.99596 -13.77452 0

```

```
$`TRAT:EDAD`
```

```

              diff      lwr      upr      p
adj
60D:Adultos-45D:Adultos 0.06142857 -10.500694 10.623551 1.000
0000
75D:Adultos-45D:Adultos 0.66142857 -9.900694 11.223551 0.999
9641
45D:Crecimiento -45D:Adultos -17.50857143 -28.070694 -6.946449 0.000
2129
60D:Crecimiento -45D:Adultos -17.70000000 -28.262122 -7.137878 0.000
1807
75D:Crecimiento -45D:Adultos -17.72428571 -28.286408 -7.162163 0.000
1770
75D:Adultos-60D:Adultos 0.60000000 -9.962122 11.162122 0.999
9778
45D:Crecimiento -60D:Adultos -17.57000000 -28.132122 -7.007878 0.000
2020
60D:Crecimiento -60D:Adultos -17.76142857 -28.323551 -7.199306 0.000
1715
75D:Crecimiento -60D:Adultos -17.78571429 -28.347837 -7.223592 0.000
1679
45D:Crecimiento -75D:Adultos -18.17000000 -28.732122 -7.607878 0.000
1207
60D:Crecimiento -75D:Adultos -18.36142857 -28.923551 -7.799306 0.000
1024
75D:Crecimiento -75D:Adultos -18.38571429 -28.947837 -7.823592 0.000
1003
60D:Crecimiento -45D:Crecimiento -0.19142857 -10.753551 10.370694 0.999
9999
75D:Crecimiento -45D:Crecimiento -0.21571429 -10.777837 10.346408 0.999
9999
75D:Crecimiento -60D:Crecimiento -0.02428571 -10.586408 10.537837 1.000
0000

```

```

> plot(TukeyHSD(MODELO1))
> #
> library(agricolae)
> outHSD1 <-HSD.test(MODELO1, "TRAT",console=TRUE)

```

```
Study: MODELO1 ~ "TRAT"
```

```
HSD Test for VR1
```

```
Mean Square Error: 43.13689
```

```
TRAT, means
```

	VR1	std	r	se	Min	Max	Q25	Q50	Q75
45D	122.8229	11.80595	14	1.755337	96.81	143.59	114.2775	124.775	129.8650
60D	122.7579	10.90198	14	1.755337	102.90	137.92	114.2500	125.790	131.5775
75D	123.0457	10.94067	14	1.755337	107.27	142.71	115.4800	121.345	130.6750

```
Alpha: 0.05 ; DF Error: 36
```

```
Critical Value of Studentized Range: 3.456758
```

```
Minimum Significant Difference: 6.067774
```

Treatments with the same letter are not significantly different.

```
          VR1 groups
75D 123.0457      a
45D 122.8229      a
60D 122.7579      a
> outHSD2 <-HSD.test(MODELO1, "EDAD",console=TRUE)
```

Study: MODELO1 ~ "EDAD"

HSD Test for VR1

Mean Square Error: 43.13689

EDAD, means

	VR1	std	r	se	Min	Max	Q25	Q50	Q75
Q75									
Adultos	131.8181	5.672822	21	1.433226	123.65	143.59	126.60	131.28	136.46
Crecimiento	113.9329	6.750463	21	1.433226	96.81	125.09	111.67	113.31	117.75

Alpha: 0.05 ; DF Error: 36

Critical Value of Studentized Range: 2.868158

Minimum Significant Difference: 4.11072

Treatments with the same letter are not significantly different.

```
          VR1 groups
Adultos      131.8181      a
Crecimiento  113.9329      b
> #
> #
> #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: #
<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 = 0.97936, p-value = 0.6368
```

### **Anexo 13. Línea de comandos y resultados obtenidos para el consumo de materia orgánica**

```
> setwd("C:/Users/User/Documents/tesis/COMQUI")
```

```

> DATOS <- read.csv("C:/Users/User/Documents/tesis/COMQUI/DATADIGEST.csv"
)
> DATOS<-read.csv('DATADIGEST.csv', sep = ";", header = T)
> #head(DATOS)
> DATOS$TRAT <- as.factor(DATOS$TRAT)
> DATOS$EDAD <- as.factor(DATOS$EDAD)
> #DATOS$E_CORTE <- as.factor(DATOS$E_CORTE)
> str(DATOS)
'data.frame':  42 obs. of  19 variables:
 $ EDAD          : Factor w/ 2 levels "Adultos","Crecimiento ": 2 2
2 2 2 2 1 1 1 ...
 $ DIETA         : chr  "Cebada de 45 dias " "Cebada de 45 dias " "
Cebada de 45 dias " "Cebada de 45 dias " ...
 $ TRAT          : Factor w/ 3 levels "45D","60D","75D": 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 ...
 $ TRATAM       : int  1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 ...
 $ REP          : int  1 2 3 4 5 6 7 1 2 3 ...
 $ PV_i         : int  469 542 590 588 584 572 575 846 878 706 ...
 $ PV_f         : int  464 597 680 650 681 648 612 911 985 793 ...
 $ PROM_PV      : num  466 570 635 619 632 ...
 $ VAR_PV       : int  -5 55 90 62 97 76 37 65 107 87 ...
 $ CONS_MS      : num  96.8 113.1 117.8 111.7 124.2 ...
 $ CONS_MS_P_PV : num  20.8 19.9 18.5 18 19.6 ...
 $ HECES_MS     : num  10.9 13.6 15.4 10.1 14.1 ...
 $ CONS_MO_BS   : num  85.9 99.5 102.3 101.6 110.2 ...
 $ CONSUMO..g..DE.MO.BS: num  85.2 99.6 103.7 98.3 109.4 ...
 $ CONS_MO_P_PV : num  17.7 17.5 16.3 15.9 17.3 ...
 $ HECES_MO_BS  : num  10.31 12.54 14.53 9.31 12.85 ...
 $ DIGERID_MO   : num  74.9 87 89.1 89 96.5 ...
 $ DIGEST_P_MS  : num  88.7 88 86.9 91 88.7 ...
 $ DIGEST_P_MO  : num  87.9 87.5 86 90.6 88.2 ...
> library(car)
> library(emmeans)
> library(psych)
> #
> # ESTADISTICA DESCRIPTIVA
> #
> #generar subconjuntos por edad de corte
> D45<-subset(DATOS, TRAT == "45D")
> D60<-subset(DATOS, TRAT == "60D")
> D75<-subset(DATOS, TRAT == "75D")
> #
> #
> # VER VARIABLES RESPUESTAS EN PASTOS DE DIFERENTES MOMENTOS DE CORTE
> #
> A1 <- D45$CONS_MO_BS
> B1 <- D60$CONS_MO_BS
> C1 <- D75$CONS_MO_BS
> #
> #DATOS DESCRIPTIVOS
> #
> describe(A1)
  vars n  mean  sd median trimmed  mad  min  max range skew kur
tosis  se
X1    1 14 110.54 10.99 112.84  111.1 10.51 85.88 128.49 42.61 -0.51  -
0.44 2.94
> describe(B1)
  vars n  mean  sd median trimmed  mad  min  max range skew kurto
sis  se
X1    1 14 111.26 9.11 113.89  111.53 11.64 96.81 122.5 25.69 -0.18  -1
.66 2.43

```

```

> describe(C1)
  vars n  mean  sd median trimmed  mad  min  max range skew kurtos
is  se
X1    1 14 110.29 8.47 108.97 109.92 10.82 99.7 125.33 25.63 0.25  -1.
58 2.26
> #
> #VARIABLE RESPUESTA VR1 =
> VR1<-DATOS$CONS_MO_BS
> #
> #GRAFICOS DE NORMALIDAD
> boxplot(VR1 ~ DATOS$TRAT , xlab="EDAD DE CORTE", ylab="PESO FINAL", mai
n="EPS ", 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-Wilk normality test

```

data:  A1
W = 0.95434, p-value = 0.6299

```

```

> shapiro.test(B1)

```

Shapiro-Wilk normality test

```

data:  B1
W = 0.90228, p-value = 0.1217

```

```

> shapiro.test(C1)

```

Shapiro-Wilk normality test

```

data:  C1
W = 0.90259, p-value = 0.123

```

```

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

```

Bartlett test of homogeneity of variances

```

data:  VR1 by DATOS$TRAT
Bartlett's K-squared = 0.93791, df = 2, p-value = 0.6257

```

```

> fligner.test(VR1 ~ DATOS$TRAT)

```

Fligner-Killeen test of homogeneity of variances

```

data:  VR1 by DATOS$TRAT
Fligner-Killeen:med chi-squared = 0.30307, df = 2, p-value = 0.8594

```

```

> leveneTest(VR1 ~ DATOS$TRAT,center = "median")
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")
      Df F value Pr(>F)
group  2  0.1538  0.858
      39
> #
> #GENERAR MODELO ADITIVO
> MODELO1 <- aov(VR1 ~ TRAT + EDAD + TRAT:EDAD, data = DATOS)
> summary.lm(MODELO1)

Call:
aov(formula = VR1 ~ TRAT + EDAD + TRAT:EDAD, data = DATOS)

Residuals:
      Min       1Q   Median       3Q      Max
-16.0286  -2.8157  -0.1979   2.4518   9.3129

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    119.17714    1.85897   64.109 < 2e-16 ***
TRAT60D         -0.07143    2.62898   -0.027  0.978
TRAT75D        -1.30857    2.62898   -0.498  0.622
EDADCrecimiento -17.26857    2.62898  -6.569 1.22e-07 ***
TRAT60D:EDADCrecimiento  1.57857    3.71794    0.425  0.674
TRAT75D:EDADCrecimiento  2.10571    3.71794    0.566  0.575
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 4.918 on 36 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.7573, Adjusted R-squared:  0.7236
F-statistic: 22.46 on 5 and 36 DF, p-value: 3.668e-10

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

Response: VR1
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
TRAT    2    7.13    3.57  0.1474  0.8634
EDAD    1 2701.62 2701.62 111.6811 1.391e-12 ***
TRAT:EDAD  2    8.40    4.20  0.1737  0.8412
Residuals 36  870.86   24.19
---
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 ~ TRAT + EDAD + TRAT:EDAD, data = DATOS)

$TRAT
      diff      lwr      upr      p adj
60D-45D  0.7178571 -3.826024  5.261738  0.9212730
75D-45D -0.2557143 -4.799595  4.288167  0.9896255
75D-60D -0.9735714 -5.517452  3.570310  0.8602823

```

```

$EDAD
                                diff          lwr          upr p adj
Crecimiento -Adultos -16.04048 -19.11881 -12.96214    0

```

```
$`TRAT:EDAD`
```

```

                                diff          lwr          upr          p
adj
60D:Adultos-45D:Adultos          -0.07142857  -7.980924   7.838066  1.000
0000
75D:Adultos-45D:Adultos          -1.30857143  -9.218066   6.600924  0.995
9471
45D:Crecimiento -45D:Adultos     -17.26857143 -25.178066 -9.359076  0.000
0017
60D:Crecimiento -45D:Adultos     -15.76142857 -23.670924 -7.851934  0.000
0100
75D:Crecimiento -45D:Adultos     -16.47142857 -24.380924 -8.561934  0.000
0044
75D:Adultos-60D:Adultos          -1.23714286  -9.146638   6.672352  0.996
8889
45D:Crecimiento -60D:Adultos     -17.19714286 -25.106638 -9.287648  0.000
0019
60D:Crecimiento -60D:Adultos     -15.69000000 -23.599495 -7.780505  0.000
0109
75D:Crecimiento -60D:Adultos     -16.40000000 -24.309495 -8.490505  0.000
0048
45D:Crecimiento -75D:Adultos     -15.96000000 -23.869495 -8.050505  0.000
0079
60D:Crecimiento -75D:Adultos     -14.45285714 -22.362352 -6.543362  0.000
0455
75D:Crecimiento -75D:Adultos     -15.16285714 -23.072352 -7.253362  0.000
0200
60D:Crecimiento -45D:Crecimiento  1.50714286  -6.402352   9.416638  0.992
1831
75D:Crecimiento -45D:Crecimiento  0.79714286  -7.112352   8.706638  0.999
6255
75D:Crecimiento -60D:Crecimiento -0.71000000 -8.619495   7.199495  0.999
7876

```

```

> plot(TukeyHSD(MODELO1))
> #
> library(agricolae)
> outHSD1 <-HSD.test(MODELO1, "TRAT",console=TRUE)

```

```
Study: MODELO1 ~ "TRAT"
```

```
HSD Test for VR1
```

```
Mean Square Error: 24.19045
```

```
TRAT, means
```

	VR1	std	r	se	Min	Max	Q25	Q50	Q75
45D	110.5429	10.992136	14	1.314492	85.88	128.49	102.6275	112.835	117.7800
60D	111.2607	9.106240	14	1.314492	96.81	122.50	102.7475	113.890	119.4775
75D	110.2871	8.467673	14	1.314492	99.70	125.33	103.0800	108.965	116.4100

```
Alpha: 0.05 ; DF Error: 36
```

```
Critical Value of Studentized Range: 3.456758
```

```
Minimum Significant Difference: 4.543881
```

Treatments with the same letter are not significantly different.

```
          VR1 groups
60D 111.2607      a
45D 110.5429      a
75D 110.2871      a
> outHSD2 <-HSD.test(MODELO1, "EDAD",console=TRUE)
```

Study: MODELO1 ~ "EDAD"

HSD Test for VR1

Mean Square Error: 24.19045

EDAD, means

	VR1	std	r	se	Min	Max	Q25	Q50	Q
75									
Adultos	118.7171	3.849081	21	1.073278	112.58	128.49	115.94	118.13	120.74
Crecimiento	102.6767	5.431784	21	1.073278	85.88	112.36	101.55	102.30	105.35

Alpha: 0.05 ; DF Error: 36

Critical Value of Studentized Range: 2.868158

Minimum Significant Difference: 3.078332

Treatments with the same letter are not significantly different.

```
          VR1 groups
Adultos      118.7171      a
Crecimiento  102.6767      b
> #
> #
> #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 = 0.91973, p-value = 0.005926
```

#### **Anexo 14. Línea de comandos y resultados obtenidos para el coeficiente de digestibilidad de materia seca en heno de cebada a los 45, 60 y 75 días en cuyes en etapa de crecimiento y adultos**

```
> setwd("C:/Users/User/Documents/tesis/COMQUI")
> DATOS <- read.csv("C:/Users/User/Documents/tesis/COMQUI/DATADIGEST.csv"
)
> DATOS<-read.csv('DATADIGEST.csv', sep = ";", header = T)
```

```

> #head(DATOS)
> DATOS$TRAT <- as.factor(DATOS$TRAT)
> DATOS$EDAD <- as.factor(DATOS$EDAD)
> #DATOS$E_CORTE <- as.factor(DATOS$E_CORTE)
> str(DATOS)
'data.frame': 42 obs. of 19 variables:
 $ EDAD      : Factor w/ 2 levels "Adultos","Crecimiento ": 2 2 2 2 2 2
2 1 1 1 ...
 $ DIETA     : chr "Cebada de 45 dias " "Cebada de 45 dias " "Cebada de
45 dias " "Cebada de 45 dias " ...
 $ TRAT      : Factor w/ 3 levels "45D","60D","75D": 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
...
 $ TRATAM    : int 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 ...
 $ REP       : int 1 2 3 4 5 6 7 1 2 3 ...
 $ PV_i      : int 469 542 590 588 584 572 575 846 878 706 ...
 $ PV_f      : int 464 597 680 650 681 648 612 911 985 793 ...
 $ PROM_PV   : num 466 570 635 619 632 ...
 $ VAR_P     : int -5 55 90 62 97 76 37 65 107 87 ...
 $ CONS_MS   : num 96.8 113.1 117.8 111.7 124.2 ...
 $ CONS_MAS_PV: num 20.8 19.9 18.5 18 19.6 ...
 $ HECES_MS  : num 10.9 13.6 15.4 10.1 14.1 ...
 $ DIGER_MS  : num 85.9 99.5 102.3 101.6 110.2 ...
 $ CONS_MO_BS : num 85.2 99.6 103.7 98.3 109.4 ...
 $ CONS_MO_PV : num 17.7 17.5 16.3 15.9 17.3 ...
 $ HECES_MO_BS: num 10.31 12.54 14.53 9.31 12.85 ...
 $ DIGER_MO  : num 74.9 87 89.1 89 96.5 ...
 $ DIGEST_MS : num 88.7 88 86.9 91 88.7 ...
 $ DIGESTI_MO : num 87.9 87.5 86 90.6 88.2 ...
> library(car)
> library(emmeans)
> library(psych)
> # ESTADISTICA DESCRIPTIVA
> #
> #generar subconjuntos por edad de corte
> D45<-subset(DATOS, TRAT == "45D")
> D60<-subset(DATOS, TRAT == "60D")
> D75<-subset(DATOS, TRAT == "75D")
> #
> # VER VARIABLES RESPUESTAS EN PASTOS DE DIFERENTES MOMENTOS DE CORTE
> #
> A1 <- D45$DIGEST_MS
> B1 <- D60$DIGEST_MS
> C1 <- D75$DIGEST_MS
> #
> #DATOS DESCRIPTIVOS
> #
> describe(A1)
  vars n mean sd median trimmed mad min max range skew kurtosis
se
X1 1 14 90 1.75 89.55 89.99 1.54 86.91 93.17 6.26 0.21 -0.9
0.47
> describe(B1)
  vars n mean sd median trimmed mad min max range skew kurtosis
se
X1 1 14 90.74 1.36 90.78 90.67 1.28 88.14 94.12 5.98 0.55 0.77
0.36
> describe(C1)
  vars n mean sd median trimmed mad min max range skew kurtosis
se
X1 1 14 89.76 1.7 89.29 89.71 1.93 87.11 92.94 5.83 0.28 -1.17
0.45

```

```

> #
> #VARIABLE RESPUESTA VR1 =
> VR1<-DATOS$DIGEST_MS
> #
> #GRAFICOS DE NORMALIDAD
> boxplot(VR1 ~ DATOS$TRAT , xlab="EDAD DE CORTE", ylab="PESO FINAL", mai
n="EPS ", 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-Wilk normality test

data:  A1
W = 0.97471, p-value = 0.9325

> shapiro.test(B1)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  B1
W = 0.92205, p-value = 0.2354

> shapiro.test(C1)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  C1
W = 0.96439, p-value = 0.7942

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

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  VR1 by DATOS$TRAT
Bartlett's K-squared = 0.88956, df = 2, p-value = 0.641

> fligner.test(VR1 ~ DATOS$TRAT)

      Fligner-Killeen test of homogeneity of variances

data:  VR1 by DATOS$TRAT
Fligner-Killeen:med chi-squared = 1.4734, df = 2, p-value = 0.4787

> leveneTest(VR1 ~ DATOS$TRAT,center = "median")
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")
  Df F value Pr(>F)
group 2 0.7204 0.4929

```

```

39
> #
> #GENERAR MODELO ADITIVO
> MODELO1 <- aov(VR1 ~ TRAT + EDAD + TRAT:EDAD, data = DATOS)
> summary.lm(MODELO1)

Call:
aov(formula = VR1 ~ TRAT + EDAD + TRAT:EDAD, data = DATOS)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.4586 -1.1175 -0.3421  1.0179  3.2914

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    90.63143    0.60179  150.604 <2e-16 ***
TRAT60D        -0.08714    0.85105   -0.102  0.919
TRAT75D        -1.40143    0.85105  -1.647  0.108
EDADCrecimiento -1.26286    0.85105  -1.484  0.147
TRAT60D:EDADCrecimiento  1.65143    1.20357   1.372  0.179
TRAT75D:EDADCrecimiento  2.31857    1.20357   1.926  0.062 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.592 on 36 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.1595, Adjusted R-squared:  0.04277
F-statistic: 1.366 on 5 and 36 DF, p-value: 0.2599

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

Response: VR1
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
TRAT    2  7.308   3.6538   1.4413 0.2499
EDAD    1  0.038   0.0384   0.0151 0.9027
TRAT:EDAD  2  9.973   4.9864   1.9670 0.1546
Residuals 36 91.261   2.5350

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

Fit: aov(formula = VR1 ~ TRAT + EDAD + TRAT:EDAD, data = DATOS)

$TRAT
      diff          lwr          upr      p adj
60D-45D  0.7385714 -0.7323705  2.2095133  0.4451420
75D-45D -0.2421429 -1.7130848  1.2287990  0.9148360
75D-60D -0.9807143 -2.4516562  0.4902276  0.2464584

$EDAD
      diff          lwr          upr      p adj
Crecimiento -Adultos 0.06047619 -0.9360391  1.056992  0.9027281

$`TRAT:EDAD`
      diff          lwr          upr      p a
dj

```

```

60D:Adultos-45D:Adultos      -0.08714286 -2.6475989 2.473313 0.99999
83
75D:Adultos-45D:Adultos      -1.40142857 -3.9618846 1.159027 0.57431
87
45D:Crecimiento -45D:Adultos -1.26285714 -3.8233132 1.297599 0.67635
35
60D:Crecimiento -45D:Adultos  0.30142857 -2.2590275 2.861885 0.99920
24
75D:Crecimiento -45D:Adultos -0.34571429 -2.9061703 2.214742 0.99845
57
75D:Adultos-60D:Adultos      -1.31428571 -3.8747418 1.246170 0.63888
61
45D:Crecimiento -60D:Adultos -1.17571429 -3.7361703 1.384742 0.73750
53
60D:Crecimiento -60D:Adultos  0.38857143 -2.1718846 2.949027 0.99730
35
75D:Crecimiento -60D:Adultos -0.25857143 -2.8190275 2.301885 0.99962
18
45D:Crecimiento -75D:Adultos  0.13857143 -2.4218846 2.699027 0.99998
26
60D:Crecimiento -75D:Adultos  1.70285714 -0.8575989 4.263313 0.36172
54
75D:Crecimiento -75D:Adultos  1.05571429 -1.5047418 3.616170 0.81408
30
60D:Crecimiento -45D:Crecimiento 1.56428571 -0.9961703 4.124742 0.45533
55
75D:Crecimiento -45D:Crecimiento 0.91714286 -1.6433132 3.477599 0.88700
82
75D:Crecimiento -60D:Crecimiento -0.64714286 -3.2075989 1.913313 0.97237
78

```

```

> plot(TukeyHSD(MODELO1))
> #
> library(agricolae)
> outHSD1 <-HSD.test(MODELO1, "TRAT",console=TRUE)

```

Study: MODELO1 ~ "TRAT"

HSD Test for VR1

Mean Square Error: 2.535018

TRAT, means

	VR1	std	r	se	Min	Max	Q25	Q50	Q75
45D	90.00000	1.746376	14	0.4255264	86.91	93.17	88.8775	89.550	90.945
60D	90.73857	1.360785	14	0.4255264	88.14	94.12	89.8100	90.785	91.260
75D	89.75786	1.699580	14	0.4255264	87.11	92.94	88.5400	89.295	91.020

Alpha: 0.05 ; DF Error: 36

Critical Value of Studentized Range: 3.456758

Minimun Significant Difference: 1.470942

Treatments with the same letter are not significantly different.

VR1 groups

60D	90.73857	a
45D	90.00000	a
75D	89.75786	a

```

> outHSD2 <-HSD.test(MODELO1, "EDAD",console=TRUE)

```

Study: MODELO1 ~ "EDAD"

HSD Test for VR1

Mean Square Error: 2.535018

EDAD, means

	VR1	std	r	se	Min	Max	Q25	Q50	Q75
Adultos	90.13524	1.519275	21	0.3474409	87.11	93.17	89.32	90.48	91.17
Crecimiento	90.19571	1.766028	21	0.3474409	86.91	94.12	89.06	89.78	91.00

Alpha: 0.05 ; DF Error: 36

Critical Value of Studentized Range: 2.868158

Minimum Significant Difference: 0.9965153

Treatments with the same letter are not significantly different.

```
VR1 groups
Crecimiento 90.19571 a
Adultos     90.13524 a
> #
> #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:
#
<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 = 0.95232, p-value = 0.0782
```

### **Anexo 15. Línea de comandos y resultados obtenidos para el coeficiente de digestibilidad de materia orgánica en heno de cebada a los 45, 60 y 75 días en cuyes en etapa de crecimiento y adultos**

```
> setwd("C:/Users/User/Documents/tesis/COMQUI")
> DATOS <- read.csv("C:/Users/User/Documents/tesis/COMQUI/DATADIGEST.csv"
)
> DATOS<-read.csv('DATADIGEST.csv', sep = ";", header = T)
> #head(DATOS)
> DATOS$TRAT <- as.factor(DATOS$TRAT)
> DATOS$EDAD <- as.factor(DATOS$EDAD)
> #DATOS$E_CORTE <- as.factor(DATOS$E_CORTE)
> str(DATOS)
'data.frame': 42 obs. of 19 variables:
 $ EDAD      : Factor w/ 2 levels "Adultos","Crecimiento ": 2 2
2 2 2 2 2 1 1 1 ...
 $ DIETA     : chr "Cebada de 45 dias " "Cebada de 45 dias " "
Cebada de 45 dias " "Cebada de 45 dias " ...
```

```

$ TRAT          : Factor w/ 3 levels "45D","60D","75D": 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 ...
$ TRATAM        : int  1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 ...
$ REP           : int  1 2 3 4 5 6 7 1 2 3 ...
$ PV_i          : int  469 542 590 588 584 572 575 846 878 706 ...
$ PV_f          : int  464 597 680 650 681 648 612 911 985 793 ...
$ PROM_PV       : num  466 570 635 619 632 ...
$ VAR_PV        : int  -5 55 90 62 97 76 37 65 107 87 ...
$ CONS_MS       : num  96.8 113.1 117.8 111.7 124.2 ...
$ CONS_MS_P_PV  : num  20.8 19.9 18.5 18 19.6 ...
$ HECES_MS      : num  10.9 13.6 15.4 10.1 14.1 ...
$ CONS_MO_BS    : num  85.9 99.5 102.3 101.6 110.2 ...
$ CONSUMO..g..DE.MO.BS: num  85.2 99.6 103.7 98.3 109.4 ...
$ CONS_MO_P_PV  : num  17.7 17.5 16.3 15.9 17.3 ...
$ HECES_MO_BS   : num  10.31 12.54 14.53 9.31 12.85 ...
$ DIGERID_MO    : num  74.9 87 89.1 89 96.5 ...
$ DIGEST_P_MS   : num  88.7 88 86.9 91 88.7 ...
$ DIGEST_P_MO   : num  87.9 87.5 86 90.6 88.2 ...
> library(car)
> library(emmeans)
> library(psych)
> #
> # ESTADISTICA DESCRIPTIVA
> #
> #generar subconjuntos por edad de corte
> D45<-subset(DATOS, TRAT == "45D")
> D60<-subset(DATOS, TRAT == "60D")
> D75<-subset(DATOS, TRAT == "75D")
> #
> #
> # VER VARIABLES RESPUESTAS EN PASTOS DE DIFERENTES MOMENTOS DE CORTE
> #
> A1 <- D45$DIGEST_P_MO
> B1 <- D60$DIGEST_P_MO
> C1 <- D75$DIGEST_P_MO
> #
> #DATOS DESCRIPTIVOS
> #
> describe(A1)
  vars n mean sd median trimmed mad min max range skew kurtosis
se
X1    1 14 89.52 1.9 89.14 89.53 1.76 86.01 92.91 6.9 0.12 -0.86
0.51
> describe(B1)
  vars n mean sd median trimmed mad min max range skew kurtosis
se
X1    1 14 90.63 1.41 90.61 90.58 1.11 87.84 94.07 6.23 0.44 0.76
0.38
> describe(C1)
  vars n mean sd median trimmed mad min max range skew kurtosis
se
X1    1 14 89.74 1.75 89.17 89.69 2.02 87.05 93.09 6.04 0.31 -1.14
0.47
> #
> #VARIABLE RESPUESTA VR1 =
> VR1<-DATOS$DIGEST_P_MO
> #
> #GRAFICOS DE NORMALIDAD
> boxplot(VR1 ~ DATOS$TRAT , xlab="EDAD DE CORTE", ylab="PESO FINAL", mai
n="EPS ", 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-Wilk normality test

data:  A1
W = 0.98222, p-value = 0.9857

> shapiro.test(B1)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  B1
W = 0.92764, p-value = 0.2827

> shapiro.test(C1)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  C1
W = 0.965, p-value = 0.8037

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

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  VR1 by DATOS$TRAT
Bartlett's K-squared = 1.166, df = 2, p-value = 0.5582

> fligner.test(VR1 ~ DATOS$TRAT)

      Fligner-Killeen test of homogeneity of variances

data:  VR1 by DATOS$TRAT
Fligner-Killeen:med chi-squared = 2.4389, df = 2, p-value = 0.2954

> leveneTest(VR1 ~ DATOS$TRAT,center = "median")
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")
  Df F value Pr(>F)
group 2  0.8401 0.4393
  39
> #
> #GENERAR MODELO ADITIVO
> MODELO1 <- aov(VR1 ~ TRAT + EDAD + TRAT:EDAD, data = DATOS)
> summary.lm(MODELO1)

Call:
aov(formula = VR1 ~ TRAT + EDAD + TRAT:EDAD, data = DATOS)

```

Residuals:

	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-2.8043	-1.1025	-0.2821	1.0679	3.5557

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	90.2200	0.6343	142.245	<2e-16 ***
TRAT60D	0.1686	0.8970	0.188	0.8520
TRAT75D	-0.9829	0.8970	-1.096	0.2805
EDADCrecimiento	-1.4057	0.8970	-1.567	0.1258
TRAT60D:EDADCrecimiento	1.8943	1.2685	1.493	0.1441
TRAT75D:EDADCrecimiento	2.4157	1.2685	1.904	0.0649 .

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.678 on 36 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.1721, Adjusted R-squared: 0.05709  
F-statistic: 1.496 on 5 and 36 DF, p-value: 0.2153

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

Response: VR1

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
TRAT	2	9.748	4.8739	1.7308	0.1916
EDAD	1	0.010	0.0101	0.0036	0.9527
TRAT:EDAD	2	11.312	5.6559	2.0085	0.1489
Residuals	36	101.375	2.8160		

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

Fit: aov(formula = VR1 ~ TRAT + EDAD + TRAT:EDAD, data = DATOS)

\$TRAT

	diff	lwr	upr	p adj
60D-45D	1.1157143	-0.4346001	2.6660286	0.1977991
75D-45D	0.2250000	-1.3253144	1.7753144	0.9331130
75D-60D	-0.8907143	-2.4410286	0.6596001	0.3493796

\$EDAD

	diff	lwr	upr	p adj
Crecimiento -Adultos	0.03095238	-1.019335	1.08124	0.9526704

\$`TRAT:EDAD`

	diff	lwr	upr	p a
60D:Adultos-45D:Adultos	0.16857143	-2.5300476	2.867190	0.99996
75D:Adultos-45D:Adultos	-0.98285714	-3.6814761	1.715762	0.87985
45D:Crecimiento -45D:Adultos	-1.40571429	-4.1043333	1.292905	0.62454
60D:Crecimiento -45D:Adultos	0.65714286	-2.0414761	3.355762	0.97649

```

75D:Crecimiento -45D:Adultos      0.02714286 -2.6714761 2.725762 1.00000
00
75D:Adultos-60D:Adultos          -1.15142857 -3.8500476 1.547190 0.79177
43
45D:Crecimiento -60D:Adultos     -1.57428571 -4.2729047 1.124333 0.50617
43
60D:Crecimiento -60D:Adultos      0.48857143 -2.2100476 3.187190 0.99382
82
75D:Crecimiento -60D:Adultos     -0.14142857 -2.8400476 2.557190 0.99998
51
45D:Crecimiento -75D:Adultos     -0.42285714 -3.1214761 2.275762 0.99686
23
60D:Crecimiento -75D:Adultos      1.64000000 -1.0586190 4.338619 0.46118
90
75D:Crecimiento -75D:Adultos      1.01000000 -1.6886190 3.708619 0.86732
94
60D:Crecimiento -45D:Crecimiento  2.06285714 -0.6357619 4.761476 0.22056
54
75D:Crecimiento -45D:Crecimiento  1.43285714 -1.2657619 4.131476 0.60547
27
75D:Crecimiento -60D:Crecimiento -0.63000000 -3.3286190 2.068619 0.98046
55

```

```

> plot(TukeyHSD(MODELO1))
> #
> library(agricolae)
> outHSD1 <-HSD.test(MODELO1, "TRAT",console=TRUE)

```

Study: MODELO1 ~ "TRAT"

HSD Test for VR1

Mean Square Error: 2.81598

TRAT, means

	VR1	std	r	se	Min	Max	Q25	Q50	Q75
45D	89.51714	1.901544	14	0.4484879	86.01	92.91	88.3425	89.14	90.5025
60D	90.63286	1.406208	14	0.4484879	87.84	94.07	89.8550	90.61	91.2350
75D	89.74214	1.753775	14	0.4484879	87.05	93.09	88.5525	89.17	90.9425

Alpha: 0.05 ; DF Error: 36

Critical Value of Studentized Range: 3.456758

Minimum Significant Difference: 1.550314

Treatments with the same letter are not significantly different.

```

          VR1 groups
60D 90.63286      a
75D 89.74214      a
45D 89.51714      a
> outHSD2 <-HSD.test(MODELO1, "EDAD",console=TRUE)

```

Study: MODELO1 ~ "EDAD"

HSD Test for VR1

Mean Square Error: 2.81598

EDAD, means

	VR1	std	r	se	Min	Max	Q25	Q50	Q75
Adultos	89.94857	1.532460	21	0.3661889	87.05	92.91	88.80	90.30	91.22
Crecimiento	89.97952	1.942502	21	0.3661889	86.01	94.07	88.98	89.85	90.77

Alpha: 0.05 ; DF Error: 36

Critical Value of Studentized Range: 2.868158

Minimum Significant Difference: 1.050288

Treatments with the same letter are not significantly different.

```

                VR1 groups
Crecimiento  89.97952      a
Adultos      89.94857      a
> #
> #
> #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 = 0.96128, p-value = 0.164

```

## ANEXO DE FIGURAS



**Figura 4.** Preparación del terreno y siembra de la cebada forrajera



**Figura 5.** Instalaciones, distribución, jaulas metabólicas y control de peso previo a la fase experimental



**Figura 6.** Sala de Investigación en Bioenergética en cuyes (SIBEc)



**Figura 7.** Rendimiento de materia fresca y materia seca de la cebada



**Figura 8.** Crecimiento y conservación en heno de la cebada forrajera



**Figura 9.** Análisis de la composición químico nutricional de la cebada forrajera en el Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de alimentos



**Figura 10.** Determinación de materia seca y orgánica en el Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de alimentos



**Figura 11.** Evaluación de la Digestibilidad