

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN
CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS**

TESIS:

**EFFECTO DE LA FRECUENCIA DE CORTE DE LA PASTURA RAIGRÁS
(*Lolium multiflorum*) Y TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens*) SOBRE
EL CONSUMO, DIGESTIBILIDAD Y FERMENTACIÓN RUMINAL EN
VACAS HOLSTEIN EN CAJAMARCA**

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: DESARROLLO GANADERO

Presentado por:

PABLO SANTOS MENDOZA HEREDIA

Asesor:

Ph.D. LUIS ASUNCIÓN VALLEJOS FERNÁNDEZ


Cajamarca, Perú

2026

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Pablo Santos Mendoza Heredia
DNI: 46042431
Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias. Programa de Maestría en Ciencias, Mención: Desarrollo Ganadero.
2. Asesor: Ph.D. Luis Asunción Vallejos Fernández.
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
Efecto de la frecuencia de corte de la pastura raigrás (*Lolium multiflorum*) y trébol blanco (*Trifolium repens*) sobre el consumo, digestibilidad y fermentación ruminal en vacas Holstein en Cajamarca.
6. Fecha de evaluación: **26/03/2026**
7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: **1%**
9. Código Documento: **3117: 571778076**
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: **18/05/2026**

| |
|---|
| <i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i> |
|  Ph.D. Luis Asunción Vallejos Fernández DNI: 26673237 |

COPYRIGHT © 2026 by
PABLO SANTOS MENDOZA HEREDIA
Todos los derechos reservados



Universidad Nacional de Cajamarca
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD
Escuela de Posgrado
CAJAMARCA - PERU



PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS


Siendo las 16:00 horas, del día 26 de febrero de dos mil veintiséis, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **Dr. ANGEL FRANCISCO DÁVILA ROJAS, Mg. Sc. RAÚL ALBERTO CÁCERES CABANILLAS, M. Cs. JAVIER ALEJANDRO PERINANGO GAITÁN**, y en calidad de Asesor el **Ph.D. LUIS ASUNCIÓN VALLEJOS FERNÁNDEZ**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestría de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada: **“EFECTO DE LA FRECUENCIA DE CORTE DE LA PASTURA RAIGRÁS (*Lolium multiflorum*) Y TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens*) SOBRE EL CONSUMO, DIGESTIBILIDAD Y FERMENTACIÓN RUMINAL EN VACAS HOLSTEIN EN CAJAMARCA”**, presentado por el **Bachiller en Ingeniería Zootecnia PABLO SANTOS MENDOZA HEREDIA**.

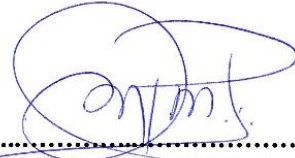
Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó.....aprobar.....con la calificación de dieciocho (18).....la mencionada Tesis; en tal virtud, el **Bachiller en Ingeniería Zootecnia PABLO SANTOS MENDOZA HEREDIA**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias, con Mención en **DESARROLLO GANADERO**.

Siendo las 17:25 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.


.....
Ph.D. Luis Asunción Vallejos Fernández
Asesor


.....
Dr. Angel Francisco Dávila Rojas
Jurado Evaluador


.....
Mg. Sc. Raúl Alberto Cáceres Cabanillas
Jurado Evaluador


.....
M. Cs. Javier Alejandro Perinango Gaitán
Jurado Evaluador

DEDICATORIA

A mis padres, **Britaldo** y **Antonia Jovita (†)**, por la formación ética y moral que me brindaron. Su amor y su constante ejemplo de responsabilidad, honradez y disciplina fueron esenciales para mi desarrollo profesional y personal.

A mi esposa, **Juana Isabel**, por su amor incondicional y comprensión invaluable ante las extensas jornadas de investigación. Su apoyo constante fue el pilar de tranquilidad necesario para la culminación de este trabajo.

A mis hijos, **Abigail, Sofía y Juan Pablo**, por su amor sincero y por ser mi fuente diaria de motivación y alegría.

A mis hermanos: **Antonio, Joaquín, Ysmael, Antolín, Yane, Elizabeth, Martha, Isaías, Josías y Samuel**, por su incondicional fortaleza y alegría compartida durante este proceso.

AGRADECIMIENTO

Ante todo, y sobre todo, a **Dios**. Agradezco al Creador por la vida, por la salud inquebrantable, por la sabiduría y la luz que iluminaron cada paso del camino. Su guía constante ha sido fuente de fortaleza y claridad en los momentos más decisivos de mi vida.

Al **Dr. Luis Vallejos**, mi asesor de tesis. Su dirección experta, su capacidad crítica y su orientación metodológica fueron determinantes para mantener el alto estándar de calidad de esta investigación.

A **Judith Cáceres, Yari Bustamante y Erlita Torres**, por su valiosa colaboración en el trabajo de campo. Su profesionalismo, dedicación y esfuerzo en la recolección de datos bajo condiciones exigentes fueron fundamentales para el desarrollo y culminación de esta investigación.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra forma, contribuyeron a este logro. Cada gesto de apoyo, cada palabra de ánimo y cada momento compartido dejaron una huella a lo largo de este proceso.

ÍNDICE

| | Página |
|--|---------------|
| DEDICATORIA | v |
| AGRADECIMIENTO | vi |
| ÍNDICE | vii |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS | ix |
| RESUMEN | x |
| ABSTRACT | xi |
| CAPITULO I | 1 |
| 1.1. Planteamiento del problema..... | 1 |
| 1.2. Justificación e importancia..... | 2 |
| 1.3. Objetivos | 4 |
| 1.3.1 Objetivo general:..... | 4 |
| 1.3.2 Objetivos específicos: | 4 |
| MARCO TEÓRICO | 5 |
| 2.1 Antecedentes | 5 |
| 2.1.1 Antecedentes internacionales..... | 5 |
| 2.1.2 Antecedentes Nacionales | 7 |
| 2.1.3 Antecedentes locales | 7 |
| 2.2 Bases teóricas..... | 9 |
| 2.2.1 Factores que influyen en pH del rumen | 9 |
| 2.3 Marco Conceptual | 13 |
| 2.3.1 El trébol blanco | 13 |
| 2.3.2 Lolium multiflorum..... | 14 |
| 2.3.3 Consumo voluntario de forraje | 15 |
| 2.3.4 Factores filogenéticos individuales que afectan el consumo y la selectividad de forrajes | 15 |
| 2.3.5 Factores de hábitat que afectan el consumo y la selectividad de forraje | 17 |
| 2.3.6 Rumen | 19 |
| 2.3.7 Alimentos y nutrientes | 19 |
| 2.3.8 El pH | 20 |
| 2.3.9 Digestibilidad | 21 |
| 2.3.10 Factores que afectan la digestibilidad | 22 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 2.3.11 | Etapa de madurez de la planta..... | 22 |
| CAPÍTULO III | | 25 |
| HIPÓTESIS Y VARIABLES | | 25 |
| 3.1. | Hipótesis..... | 25 |
| 3.1.1 | Hipótesis general..... | 25 |
| 3.2. | Variables de estudio | 25 |
| CAPITULO IV | | 26 |
| MATERIALES Y MÉTODOS..... | | 26 |
| 4.1. | Ubicación geográfica | 26 |
| 4.2. | Población, muestra y unidad de análisis. | 27 |
| 4.3. | Metodología | 28 |
| CAPITULO V | | 33 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | | 33 |
| CAPITULO VI | | 45 |
| CONCLUSIONES..... | | 45 |
| CAPITULO VII..... | | 46 |
| RECOMENDACIONES..... | | 46 |
| CAPITULO VIII | | 47 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | | 47 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 Ubicación del estudio | 27 |
| Figura 2 Distribución del pasto..... | 30 |
| Figura 3 Consumo de forraje (MS) según la edad del pasto..... | 34 |
| Figura 4 <i>Digestibilidad In Vitro según la edad del pasto</i> | 37 |
| Figura 5 pH ruminal según la edad del pasto..... | 39 |
| Figura 6 Evolución del pH ruminal durante el día..... | 40 |
| Figura 7 Relación entre Materia seca y Digestibilidad <i>In Vitro</i> | 41 |
| Figura 8 Relación entre Materia seca y pH Ruminal..... | 43 |
| Figura 9 Relación entre consumo de Materia seca, Digestibilidad y pH ruminal | 44 |

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la frecuencia de corte de la pastura raigrás (*Lolium multiflorum*) y trébol blanco (*Trifolium repens*) sobre el consumo, digestibilidad y fermentación ruminal en vacas Holstein en Cajamarca. Encontrando los siguientes resultados: el consumo de materia seca aumentó significativamente con la edad del rebrote, alcanzando el valor máximo en pastos de 45 días (14,38 kg MS/vaca/día), en comparación con los de 35 (13,78 kg) y 25 días (12,61 kg) ($p < 0,05$). Por otro lado, la digestibilidad del pasto mostró una disminución progresiva con la edad del rebrote, pasando de 75,03 % a los 25 días a 55,12 % a los 45 días ($p < 0,05$), lo que se asocia con el aumento de lignificación y la reducción de tejidos jóvenes metabólicamente activos. En cuanto al pH ruminal, el análisis de varianza evidenció efectos significativos del tratamiento, período experimental y hora del día ($p < 0,05$), mientras que el efecto individual de la vaca no fue significativo. El pasto de 35 días presentó el menor pH (5,79), en contraste con los pastos de 25 y 45 días (5,98 y 5,97, respectivamente). La hora del día fue el factor con mayor influencia ($p < 1 \times 10^{-13}$), registrándose el pH más alto a las 7:00 h (6,30) y los valores más bajos a las 13:00 y 15:00 h (5,76). Estos resultados indican que la edad del forraje, junto con las variaciones temporales y biológicas, modula la dinámica ruminal y la acidez del medio, afectando potencialmente la digestión y la eficiencia alimenticia.

Palabras Claves: Frecuencia de corte, consumo de materias seca, digestibilidad y pH ruminal

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the effect of cutting frequency of ryegrass (*Lolium multiflorum*) and white clover (*Trifolium repens*) pastures on intake, digestibility, and ruminal fermentation in Holstein cows in Cajamarca. The following results were obtained: dry matter intake increased significantly with regrowth age, reaching the highest value in 45-day pastures (14.38 kg DM/cow/day), compared to 35-day (13.78 kg) and 25-day pastures (12.61 kg) ($p < 0.05$). Conversely, pasture digestibility showed a progressive decline with increasing regrowth age, decreasing from 75.03% at 25 days to 55.12% at 45 days ($p < 0.05$), which is associated with increased lignification and a reduction in metabolically active young tissues. Regarding ruminal pH, analysis of variance revealed significant effects of treatment, experimental period, and time of day ($p < 0.05$), whereas the individual cow effect was not significant. The 35-day pasture presented the lowest pH value (5.79), compared with the 25- and 45-day pastures (5.98 and 5.97, respectively). Time of day was the factor with the greatest influence ($p < 1 \times 10^{-13}$), with the highest pH recorded at 07:00 h (6.30) and the lowest values at 13:00 and 15:00 h (5.76). These results indicate that forage age, together with temporal and biological variations, modulates ruminal dynamics and medium acidity, potentially affecting digestion and feed efficiency.

Keywords: Dry matter intake, digestibility, ruminal pH.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El incremento de la población humana ha influenciado en la creciente demanda de productos de origen animal. La ganadería tiene que adaptarse rápidamente para satisfacer esta demanda y uno de los pilares fundamentales es mejorar la alimentación del ganado para ser más eficiente. (FAO, 2023)

La ganadería representa la práctica agropecuaria más extendida a nivel global, y tiene como base fundamental la alimentación del ganado mediante el pastoreo, que constituye su principal fuente de nutrientes (Gutiérrez et al., 2022). Con el fin de mejorar la eficiencia en el consumo y la nutrición del ganado, resulta fundamental identificar y comprender las características botánicas de las pasturas que forman parte de su alimentación (Carrasco et al., 2021).

La actividad ganadera en Cajamarca se sustenta principalmente en sistemas de pastoreo que utilizan especies forrajeras como el raigrás (*Lolium multiflorum*) y el trébol blanco (*Trifolium repens*), cultivadas por su alta palatabilidad, buen rebrote y adecuado aporte nutricional (Carrasco et al., 2024). Sin embargo, la frecuencia con que se realiza el pastoreo y/o corte influye significativamente en su valor nutritivo, así como en el consumo voluntario, la eficiencia digestiva y los procesos de fermentación ruminal; todos elementos determinantes para una producción lechera eficiente.

El manejo eficiente de las pasturas debe enfocarse en maximizar la producción de biomasa con un alto valor nutritivo, garantizando al mismo tiempo su adecuada utilización por parte del ganado. Un aspecto importante para optimizar el uso del forraje es determinar el momento ideal de pastoreo o cosecha, lo cual depende tanto de la edad como del estado fisiológico de la planta. Tomar esta decisión en el momento oportuno permite alcanzar un equilibrio óptimo entre la cantidad de materia seca producida y su calidad nutricional (Sánchez, 2019).

En la región Cajamarca existe un vacío de conocimiento sobre el efecto de la frecuencia de corte o pastoreo en el consumo voluntario, la digestibilidad de la materia seca y la fermentación ruminal en asociaciones forrajeras de raigrás (*Lolium multiflorum*) y trébol blanco (*Trifolium repens*). Aunque se ha evaluado la producción de biomasa y el valor nutritivo de estas pasturas, existe escasa evidencia que integre la frecuencia de manejo con indicadores de consumo, eficiencia digestiva y fermentación ruminal, lo que limita la formulación de criterios técnicos para optimizar la productividad lechera y el manejo eficiente de las pasturas.

1.2. Justificación e importancia

En el ámbito de la nutrición animal, se reconocen cuatro pilares fundamentales que deben considerarse de manera constante: las necesidades nutricionales del animal, la composición de los alimentos, su digestibilidad y el nivel de consumo efectivo por parte del animal. En el caso de los rumiantes en sistemas de pastoreo, la alimentación adquiere una complejidad adicional, debido a las múltiples interacciones entre el animal, el forraje y el entorno, lo que plantea desafíos específicos en el diseño y manejo de dietas que garanticen un aporte nutricional equilibrado y eficiente (Mejía Haro, 2002).

Una nutrición animal adecuada es clave para optimizar la producción, la reproducción y la rentabilidad ganadera. La calidad del forraje varía según la especie, el manejo y las condiciones de cultivo, mientras que los requerimientos nutricionales cambian según la clase y estado fisiológico del animal. Por ello, es esencial conocer los factores que influyen en la calidad del forraje y evaluarla mediante análisis nutricionales, a fin de determinar su aporte real y orientar una suplementación adecuada que garantice una dieta equilibrada (Collins et al., 2001).

La fermentación ruminal es fundamental en la nutrición de los rumiantes, ya que permite la descomposición de elementos fibrosos y nitrógeno no proteico en compuestos aprovechables. Gracias a la acción de microorganismos del rumen, se generan ácidos grasos volátiles como principal fuente de energía. Asimismo, este proceso posibilita la síntesis de proteína microbiana, un componente esencial del aporte proteico en la dieta del rumiante. Comprender este proceso es clave para mejorar la eficiencia de las dietas, elevar la productividad y reducir el impacto ambiental (Ungerfeld et al., 2023).

La eficiencia en el aprovechamiento de las pasturas por parte del ganado depende en gran medida de la gestión adecuada, lo que implica suministrarles en el momento óptimo para maximizar su valor nutritivo. En este sentido, es fundamental comprender cómo influye la edad fisiológica de la pastura tanto en estados tempranos como avanzados de desarrollo sobre parámetros clave como el consumo voluntario, la digestibilidad y la fermentación ruminal. La generación de evidencia científica nos permitirá establecer con mayor precisión el estadio más adecuado para el suministro del forraje.

En la región de Cajamarca, el pastoreo se realiza sin una evaluación precisa de la cantidad y calidad del forraje ofrecido al ganado. Además, existe un desconocimiento sobre la digestibilidad de estas pasturas en el rumen y sobre los procesos de fermentación que en él ocurren. Ante esta situación, se hace indispensable el desarrollo de investigaciones que permitan generar evidencia científica sobre el consumo y la digestibilidad del forraje suministrado al ganado, evaluando específicamente el efecto de distintas frecuencias de corte 25, 35 y 45 días de crecimiento. Esta información será clave para optimizar la toma de decisiones en el manejo alimenticio de los sistemas ganaderos de la región.

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo general:

Evaluar el efecto de la frecuencia de corte de la pastura raigrás (*Lolium multiflorum*) y trébol blanco (*Trifolium repens*) sobre el consumo, digestibilidad y fermentación ruminal en vacas Holstein en Cajamarca.

1.3.2 Objetivos específicos:

- Estimar el consumo de alimento de las vacas al suministrar la pastura en tres frecuencias a los 25, 35 y 45 días de corte.
- Determinar la digestibilidad de la pastura proporcionada a las vacas, en tres frecuencias de corte a los 25, 35 y 45 días.
- Determinar el pH ruminal, al proporcionar la pastura a las vacas en tres frecuencias de corte.
- Analizar la variación del pH ruminal según las frecuencias de corte de la pastura y hora del día

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes internacionales

Ruíz et al., (2024), cuyo objetivo fue evaluar los parámetros de fermentación ruminal mediante el uso de técnicas menos invasivas, como la rumenocentesis en vacas lecheras, evaluaron el pH ruminal, bajo dos niveles de oferta de pradera (17 y 25 kg MS/vaca/día). Los resultados de materia seca fueron $13.6 \pm 3.1\%$ y $14.8 \pm 4.0\%$, respectivamente, los valores medios de pH ruminal fueron 6.14 y 6.06, sin diferencias significativas entre tratamientos. La disponibilidad de forraje no afectó el valor nutritivo del pasto consumido. Las praderas presentaron: bajo contenido de materia seca, alta energía y elevado contenido de proteína cruda, con predominio de hojas y tallos jóvenes. En contraste, las praderas más maduras suelen mostrar menor digestibilidad y mayores niveles de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA). Discusión: la rumenocentesis es una técnica mínimamente invasiva útil para comparar dietas en vacas lecheras.

Castro et al., (2019), tuvieron como propósito evaluar el comportamiento de tres cultivares de ryegrass (Columbia, Samson y Ohau) en vacas lecheras en el trópico alto de Nariño, Colombia, en las localidades de Pasto y Cumbal, usando un diseño cuadrado latino 3×3 . Resultados no hubo diferencias en el consumo de materia seca entre los diferentes pastos en ambas localidades, En la localidad de Pasto el consumo de ryegrass columbia fue de 13,1 kg/MS/día, Samson de 14,53 kg/MS/día y Ohau de

12,3 kg/MS/día, en Cumbal el consumo de ryegrass columbia fue de 15,2 kg/MS/día, Samson de 15,5 kg/MS/día y Ohau de 14,4 kg/MS/día.

Mejía et al., (2017), en su estudio evaluaron el consumo de materia seca de forraje (CMSf) en vacas Holstein bajo dos sistemas de pastoreo: un sistema silvopastoril y un monocultivo. Se utilizaron doce vacas Holstein lactantes, asignadas aleatoriamente a ambos sistemas. Los resultados mostraron que el CMSf en el sistema silvopastoril fue superior, con valores entre 13,3 y 14,7 kg/día ($p < 0,05$), mientras que en el monocultivo se registraron consumos de 10,91 a 12,5 kg/día, sin diferencias significativas ($p > 0,05$).

Polo & Urieta, (2022), en su estudio realizaron cortes cada 30, 40 y 50 días (cuatro, tres y dos cortes, respectivamente). El diseño experimental fue de DBCA en parcelas divididas con cuatro repeticiones. Resultados las frecuencias de corte no afectaron significativamente el contenido de materia seca, proteína bruta, fósforo ni potasio, tanto en hojas como en tallos. Los rendimientos de materia seca tendieron a incrementarse con mayores intervalos de corte, aunque sin diferencias estadísticas significativas, excepto en los tratamientos con cortes realizados cada 30 días.

Portillo et al., (2021), mencionan que su estudio tuvo como objetivo evaluar seis mezclas de forrajes perennes, anuales y leguminosas durante las épocas seca y lluviosa, analizando variables como proteína cruda (PC), digestibilidad (D), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), energía neta de lactancia (ENL) y tasa de crecimiento (TC). Los resultados mostraron que la digestibilidad de los pastos en la época seca a los 28 estuvieron en rangos de 63,93% a 70,49% y en época lluviosa desde 63,82% hasta 72,28%. El estudio evidenció diferencias significativas ($p < 0,05$) en el valor nutritivo de las mezclas forrajeras a los 28, 35 y

42 días de rebrote en ambas épocas de precipitación, influenciados por la composición botánica y la época climática.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Pillaca (2024), evaluó el crecimiento y la fenología de *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata* y *Trifolium repens* en praderas asociadas bajo riego durante épocas seca y húmeda. Se registró una mayor tasa de crecimiento en febrero - marzo y variaciones en la disponibilidad de materia seca entre 2401 y 4696 kg/ha. El momento óptimo de defoliación se alcanzó entre 31 y 36 días, coincidiendo con la aparición de 3 a 5 hojas o pecíolos según la especie y la estación. Se recomienda un periodo de descanso de 30 a 40 días para optimizar el manejo y la productividad de las pasturas.

2.1.3 Antecedentes locales

Terán et al., (2022), el estudio evaluó el comportamiento ingestivo, número y peso de bocado, y el consumo de pasto en vacas Fleckvieh en lactación, en Cutervo. Se analizaron 8 vacas que pastaban en asociaciones de Ryegrass italiano “Ecotipo cajamarquino”, trébol blanco y trébol rojo de 45 días. Las vacas pasaron en promedio 7,40 horas diarias pastando, y realizaron rumia y descanso tanto acostadas como de pie. Se registró un promedio de consumo de materia seca de 10,212 kg/día por vaca.

Vallejos et al., (2020) en su estudio que se realizó en Celendín para evaluar el impacto del pastoreo a estaca en vacas lecheras sobre el consumo de materia seca (kg/MS) y la condición de una pastura de raigrás trébol blanco durante la época de lluvias. Se utilizaron 117 vacas de las razas Holstein, Brown Swiss y sus cruza. El consumo promedio fue de 10.9 kg MS, equivalente al 2.6% del peso vivo.

Vallejos-Cacho et al., (2024) el estudio evaluó, durante un año, variables agronómicas y nutritivas en una asociación de raigrás y trébol, bajo tres frecuencias de corte (30, 45 y 60 días). Se midieron rendimiento, altura, macollamiento, espiguillas, diámetro basal, elongación y entrenudos, además de proteína cruda, fibra detergente neutro, digestibilidad y energía metabolizable. La digestibilidad in vivo para el Ryegrass de 30 días fue 72,74 %, de 45 días de 69,62 y a los 60 días de 61,91, para el trébol de 30 días fue 75,96 %, de 45 días de 72,71 y a los 60 días de 69,59.

Rojas et al., (2023) en su estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la altura del forraje sobre el pH ruminal y la producción de leche en vacas Holstein manejadas en praderas compuestas por *Lolium multiflorum* (raigrás) y *Trifolium repens* (trébol blanco) en la región de Cajamarca. Se aplicó un diseño experimental de cuadrado latino 3 × 3, empleando tres animales que rotaron semanalmente entre tres tratamientos de altura de pastura: baja (12 cm), media (17 cm) y alta (23 cm). Los resultados indicaron un efecto significativo ($P < 0.05$) de la altura del forraje sobre el pH ruminal, observándose un incremento progresivo del pH conforme aumentó la altura del pasto (T1: 4.92; T2: 5.02; T3: 5.37). También se evidenció una variación horaria, donde el pH ruminal fue mayor al inicio de la jornada de pastoreo (Hora 1: 5.52) y menor al finalizar (Hora 2: 4.69). En contraste, la altura del forraje afecta la dinámica del ambiente ruminal, pero no compromete el rendimiento productivo. Se concluye que la altura del pasto influye significativamente en el pH ruminal, aunque no tiene un efecto determinante sobre la producción láctea en vacas Holstein en pastoreo.

Vallejos et al., (2021) el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el desempeño productivo y la calidad nutricional de siete genotipos de trébol establecidos en tres pisos altitudinales: PA I (2300–2800 msnm), PA II (2801–3300 msnm) y PA III (3301–3800 msnm), a lo largo de un año. En cada altitud se establecieron cuatro genotipos de trébol blanco (*Trifolium repens*) y tres de trébol rojo (*Trifolium pratense*). Los resultados mostraron que la digestibilidad in vitro de la materia seca varía desde 70,9% a 76,59%. Esta diferencia está estrechamente relacionada con la menor proporción de fibra estructural en el trébol blanco, lo que incrementa el consumo voluntario y la eficiencia en el uso del forraje por parte de los rumiantes.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Factores que influyen en pH del rumen

En condiciones normales, el pH del rumen oscila entre 5.5 y 6.7 y su variación a lo largo del día es habitual, dependiendo de la concentración de ácidos grasos volátiles (AGV) en cada momento. El pH disminuye durante la fermentación del alimento, cuando se generan AGV, y vuelve a aumentar cuando la fermentación se reduce y estos ácidos son absorbidos o eliminados, lo que ayuda a mantener el equilibrio del rumen. Sin embargo, si se acumulan más ácidos de los que el animal puede absorber y utilizar, o si los mecanismos de regulación del pH (como los sistemas amortiguadores fisiológicos) no funcionan correctamente, el pH puede caer por debajo de 5.8 durante períodos prolongados (Pérez, 2025).

Para mantener la salud y productividad de la vaca lechera, es fundamental equilibrar la fibra (FDN) y los carbohidratos no estructurales (CNE) en la dieta. La fibra efectiva ayuda a controlar la liberación de carbohidratos y evita una caída excesiva del pH ruminal, mientras que los CNE aportan energía rápida para los microbios y el animal. El objetivo de este equilibrio es mantener el pH ruminal entre 5.8 y 6.4, rango ideal para la síntesis de proteína microbiana y vitaminas. Este pH es más estable cuando se suministra una ración mixta (The Pennsylvania State University, 2016).

La reducción en el consumo voluntario del forraje responde al proceso natural de maduración fisiológica del forraje, durante el cual se produce una mayor deposición de lignina y compuestos fenólicos en las paredes celulares, junto con una disminución de los tejidos jóvenes y metabólicamente activos. El consecuente aumento en la concentración de la pared celular limita la digestibilidad del forraje y contribuye al llenado ruminal, afectando negativamente el consumo y el desempeño animal, incluso bajo condiciones de adecuada disponibilidad de forraje (Jung & Allen, 1995).

La disponibilidad de forraje como la estructura del pasto influyen en el consumo diario de materia seca. Niveles óptimos de altura y masa del pasto, así como una baja frecuencia de macollas, favorecen una mayor ingestión de forraje y nutrientes. Esto confirma la relación inversa típica en los sistemas de pastoreo: los pastos más maduros, con mayor biomasa, pueden limitar la ingestión y la calidad nutricional, mientras que pastos más jóvenes, aunque menos abundantes, ofrecen mejor valor nutritivo y digestibilidad, optimizando el consumo de los animales (Trindade et al., 2016).

Mejorar la salud ruminal implica aumentar la frecuencia de alimentación. Cuando las vacas consumen alimento entre 5 y 6 veces al día, el pH del rumen se mantiene más estable, generalmente entre 5.5 y 5.8. En cambio, si se alimentan menos de dos veces al día, el pH puede variar ampliamente, oscilando entre 5.1 y 7.1 a lo largo del día (Saúl, 2021).

El incremento en el aporte energético de la dieta se consigue principalmente mediante el aumento de carbohidratos de rápida fermentación (NFC) en el rumen, y en menor medida, mediante la inclusión de grasas. No obstante, elevar excesivamente los niveles de NFC puede causar una fermentación descontrolada y la acumulación de productos finales como ácidos grasos volátiles y, en algunos casos, ácido láctico, lo cual puede provocar una disminución del pH ruminal (Agle et al., 2010).

El control del pH ruminal depende del equilibrio entre fibra, proteínas, concentrados y minerales, así como del manejo alimenticio. En sistemas tradicionales donde se suministran por separado forrajes y granos, es clave aplicar estrategias para evitar fluctuaciones del pH. (The Pennsylvania State University, 2016).

El consumo de dietas ricas en carbohidratos de rápida digestión (HCFD) provoca importantes alteraciones en la microbiota del rumen. Uno de los primeros cambios observados es el incremento de lactobacilos, los cuales degradan los polímeros estructurales de los carbohidratos y generan ácido láctico como subproducto. Debido a su baja constante de disociación (pK_a 3.9), el ácido láctico no puede ser eficientemente absorbido por la pared ruminal, lo que provoca una caída del pH ruminal por debajo de los niveles fisiológicos normales (< 5.5) (Plaizier et al., 2008).

Las características estructurales del pasto, particularmente su altura y masa, ejercen una influencia directa sobre el comportamiento de pastoreo de los animales. Asimismo, la altura del pasto y la disponibilidad de forraje condicionan las dimensiones del bocado y las pautas de ingestión, lo que indica que una estructura del pasto más adecuada favorece la captura y el consumo del forraje por parte de los animales (Soder et al., 2022).

La acidosis ruminal se manifiesta por una reducción del pH en el rumen y está estrechamente relacionada con sistemas de producción intensiva, donde se utilizan dietas con alto contenido de carbohidratos de rápida digestión (HCFD) y escasa cantidad de fibra efectiva (Owens et al., 1998).

La dinámica de crecimiento y acumulación del forraje está determinada por la interacción entre la intensidad y la frecuencia de corte, mediada por la duración del rebrote. Defoliaciones frecuentes impiden que la pradera alcance un área foliar eficiente, alterando el entorno lumínico y promoviendo una morfología con hojas cortas y alta densidad de tallos. En cambio, cortes menos frecuentes aumentan la competencia por luz, lo que induce el desarrollo de hojas más largas y una menor densidad de macollos. Estos cambios reflejan adaptaciones morfológicas de las plantas a las condiciones de luz resultantes de los distintos manejos de defoliación (Mazzanti et al., 1994).

Se observa una marcada variabilidad entre individuos en los parámetros asociados a la eficiencia alimentaria y al consumo de alimento, lo que indica que las diferencias biológicas propias de cada animal ejercen una influencia significativa sobre los resultados experimentales, más allá de los efectos de los tratamientos evaluados (Cantalapiedra Hajar et al., 2018).

A medida que aumenta la altura del pasto, se incrementa la biomasa disponible y se mejora la estructura del forraje, lo que facilita la aprehensión y el consumo por parte de los animales. Este crecimiento favorece una mayor profundidad y masa de bocado, lo que se traduce en mayores tasas de ingestión hasta alcanzar una altura óptima del pasto. Sin embargo, cuando el pasto continúa creciendo, la disminución de la densidad en los estratos superiores puede limitar la eficiencia de consumo. En pasturas naturales, la optimización del consumo en ovejas y terneros se logra manteniendo alturas del pasto intermedias, donde la estructura del forraje permite un equilibrio adecuado entre disponibilidad, facilidad de pastoreo y eficiencia de ingestión (Gonçalves, Carvalho, et al., 2009).

2.3 Marco Conceptual

2.3.1 El trébol blanco

El trébol blanco (*Trifolium repens L.*) se destaca como uno de los forrajes de mayor valor nutritivo disponibles para la alimentación animal. Su contenido de proteína cruda suele superar el 15 %, mientras que su digestibilidad supera el 70 %, lo que lo convierte en una excelente fuente de nutrientes. En cuanto a su productividad, el rendimiento de materia seca por temporada en promedio es 3360 kg/ha, siendo esta variable fuertemente influenciada por las condiciones de humedad del suelo (Dubeux et al., 2020).

El trébol blanco es la leguminosa más comúnmente utilizada en pastizales de clima templado debido a su capacidad de adaptación a diversas condiciones climáticas. Su resistencia al pastoreo intenso y al pisoteo lo hace especialmente apropiado para sistemas de alimentación animal, ya que convive de manera eficiente con especies de gramíneas en pasturas mixtas (Norton et al., 2021) .

La incorporación de tréboles en mezclas con raigrás perenne mejora la calidad del forraje al aumentar la proteína bruta y reducir los componentes fibrosos (FDA y FDN). Además, eleva la digestibilidad de la proteína y la materia seca, aunque el grado de mejora depende del porcentaje de leguminosas en la mezcla (Gutiérrez et al., 2024).

2.3.2 *Lolium multiflorum*

Lolium multiflorum es una gramínea forrajera fundamental en los sistemas ganaderos, destacando por su veloz desarrollo, excelente calidad nutricional y su capacidad de adaptarse a distintos climas y ambientes productivos (Silva , 2024).

Lolium multiflorum Ecotipo cajamarquino es una gramínea forrajera anual o perenne adaptada a los Andes del norte peruano, entre 2,500 y 3,500 msnm. Tolera suelos con pH entre 5.8 y 6.5 y temperaturas de 10 a 16 °C. Presenta espigas de hasta 35 cm, la planta alcanza entre 40 a 60 cm de altura y puede formar hasta 40 macollos de crecimiento rápido. Su rendimiento es de 12 a 15 t/ha de forraje verde por corte, con hasta 4 cortes anuales. Su valor nutricional es elevado: 12 % de proteína cruda, alta digestibilidad y 80–82 % de humedad (Villar et al., 2014).

Consumo de forraje verde

El consumo de forraje verde se refiere a la cantidad de biomasa fresca que los animales ingieren de forma voluntaria, y constituye un elemento fundamental para evaluar la eficiencia productiva en sistemas alimenticios sustentados en pasturas (Van Soest, 1994) .

2.3.3 Consumo voluntario de forraje

El consumo voluntario de forraje es el principal factor que determina la productividad y eficiencia en rumiantes, especialmente bajo condiciones de pastoreo, donde su variación es alta y difícil de predecir. La baja productividad en estos sistemas se relaciona con limitaciones en el consumo, el cual podría mejorarse para aumentar el rendimiento. Factores como la distensión ruminal, la digestibilidad, la tasa de pasaje, el peso del animal, la suplementación, la disponibilidad de forraje y la intensidad del pastoreo influyen directamente en este consumo (Mejía, 2002).

2.3.4 Factores filogenéticos individuales que afectan el consumo y la selectividad de forrajes

Salud

El estado patológico, entendido como una alteración de la homeostasis que compromete la salud del animal, puede incidir negativamente en los centros reguladores del apetito, reduciendo así la sensación de hambre y, en consecuencia, el consumo de alimento. Adicionalmente, ciertas enfermedades provocan manifestaciones clínicas dolorosas, como aftas, úlceras o laceraciones en las mucosas orales, que generan incomodidad durante la ingestión y agravan la disminución en la ingesta voluntario (Gregory, 2008).

Densidad animal

La densidad animal por unidad de área, así como la coexistencia de diversas especies o razas en una misma zona de pastoreo, influyen de manera directa en el comportamiento alimenticio. Algunas especies, razas o individuos ejercen dominancia sobre otros, estableciendo jerarquías sociales que determinan la distribución espacial dentro del área de alimentación. Esta dinámica jerárquica condiciona el acceso desigual a recursos clave como el forraje de mejor calidad, el agua y los sitios de descanso (Searle & Shipley, 2008).

Estado fisiológico

Los requerimientos energéticos influyen significativamente en la selectividad de los forrajes. Animales en etapas fisiológicas de alta demanda, como la lactancia o el crecimiento, tienden a preferir forrajes con mayor densidad energética. La demanda nutricional, intervienen en mecanismos fisiológicos complejos, como la regulación hormonal, que modulan tanto el apetito como las decisiones de selección del alimento (Forbes, 2007).

2.3.5 Factores de hábitat que afectan el consumo y la selectividad de forraje

Estructura de la pastura

La variedad de plantas disponibles puede restringir el espacio en el sistema digestivo del animal, y el consumo estará condicionado por su habilidad para recolectar distintos tipos de plantas durante el día. Factores que caracterizan a la pastura, como la densidad de vegetación, la disposición espacial de las especies, el tamaño de las plantas y la proporción entre tallos y hojas, pueden afectar la selectividad, ya que influyen en el tamaño del bocado, un elemento clave para determinar la cantidad de forraje ingerido (Barrett et al., 2001).

Densidad de plantas

La densidad de plantas influye de manera distinta sobre la selectividad y el consumo. En el caso de las gramíneas, el impacto es mayor debido al tamaño del bocado, aspecto crucial en el proceso de selección e ingestión. (Fryxell et al., 2005).

Facilidad de acceso al forraje

La facilidad con la que un animal puede acceder al alimento es un aspecto clave en su selectividad; por ello, si obtener el alimento implica demasiado esfuerzo o incomodidad, es probable que opte por consumir opciones de menor valor nutritivo, pero más accesibles (Ackroff, 1992).

La palatabilidad

Comprende un conjunto de atributos del alimento que, en su interacción, determinan el grado de aceptación por parte del animal. Sin embargo, debido a que las preferencias alimenticias están influenciadas por factores individuales, sociales y ambientales, no es posible establecer de forma universal que un determinado alimento resulte palatable para una especie o grupo en particular (Tarazona et al., 2012).

Balance Forrajero

El balance forrajero consiste en comparar la disponibilidad de forraje con las necesidades del ganado. Cuando la cantidad de pasto disponible no alcanza para cubrir la demanda de la carga animal, el resultado del balance será negativo; en cambio, si hay un excedente de pasto, el balance será positivo (Bendersky, 2011).

Frecuencia de corte

La frecuencia de corte en las pasturas hace referencia al periodo transcurrido entre dos cortes sucesivos del forraje. Este aspecto es determinante en la productividad de biomasa, el valor nutritivo del pasto y la longevidad del cultivo. Establecer una frecuencia de corte apropiada permite lograr un balance entre el desarrollo vegetativo de la planta y la concentración de nutrientes, lo cual repercute positivamente en el rendimiento y en la calidad del forraje obtenido (Flores et al., 2013).

2.3.6 Rumen

El rumen es un ecosistema acuoso donde el alimento ingerido se fermenta gracias a microorganismos como bacterias, hongos y protozoos. Estos producen enzimas que descomponen los componentes de la dieta, generando ácidos grasos volátiles, metano y amoníaco. Para que estos microorganismos realicen su función eficientemente, requieren condiciones específicas de pH, temperatura, presión osmótica y oxígeno, dentro de un ambiente ruminal estable (Pérez, 2025).

El rumen tiene la función de fermentar y descomponer los polisacáridos estructurales, gracias a la gran variedad de enzimas generadas por su comunidad microbiana (Núñez, 2019).

2.3.7 Alimentos y nutrientes

La dieta de los bovinos está formada por una diversidad de nutrientes, tales como proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas y minerales, todos esenciales para su desarrollo y bienestar. La digestibilidad de estos nutrientes varía en función del tipo de alimento y del procesamiento que haya recibido. Por ejemplo, granos como el maíz y la soya ofrecen proteínas y carbohidratos con alta digestibilidad, mientras que los forrajes, como el heno y las pasturas, son ricos en fibra y celulosa, lo que implica un proceso digestivo más lento y complejo (Van Soest, 1994).

2.3.8 El pH ruminal

El pH del rumen es un factor altamente variable que influye significativamente en la composición del microbiota y en la producción de ácidos grasos volátiles. Algunas especies de protozoos pueden verse gravemente afectadas cuando el pH desciende por debajo de 5.5. Por ello, para asegurar un ambiente ruminal óptimo, las prácticas alimenticias deben mantener el pH dentro de un rango ideal de 5.8 a 6.4 (The Pennsylvania State University, 2016).

En vacas lecheras que pastorean forrajes frescos altamente digestibles, el pH ruminal varía entre 5.6 y 7.0. Valores de pH entre 5.8 y 6.6 se asocian con beneficios fisiológicos, como mayor producción de ácidos grasos volátiles (AGVs), incremento en la ingestión de alimento y en la productividad, así como un mayor flujo de nitrógeno microbiano al intestino delgado. Estos niveles de pH no indican acidosis subaguda, lo que sugiere una adaptación positiva a dietas altas en forraje (Pulido, 2021).

Influencia de la dieta

La dieta del animal influye en la población microbiana del rumen y en los productos de la fermentación, lo que afecta el pH ruminal. Dietas con mucho almidón y poca fibra disminuyen el pH, mientras que las ricas en fibra lo mantienen más cercano a la neutralidad (Pérez, 2025).

El equilibrio del pH en el rumen puede alterarse debido a diversas causas

(Pérez, 2025).

- Horarios irregulares de alimentación y variaciones en la disponibilidad del alimento afectan la estabilidad del rumen.
- Consumir grandes cantidades de alimento en poco tiempo, especialmente tras ayuno, genera una fermentación rápida y acidificación ruminal.
- Enfermedades, estrés, lesiones o condiciones ambientales adversas reducen el consumo y alteran la función ruminal.
- Un bajo consumo de agua o su disponibilidad intermitente disminuye la dilución y el efecto buffer del contenido ruminal.
- Pocas frecuencias de alimentación favorecen descensos prolongados del pH; una mayor frecuencia mejora la estabilidad ruminal.
- Dietas con baja fibra efectiva reducen la salivación y el efecto buffer, disminuyendo el pH y afectando la digestibilidad.
- Carbohidratos rápidamente fermentables aumentan la producción de ácidos y ácidos grasos volátiles, reduciendo el pH.
- Cambios bruscos en la dieta alteran el microbiota del rumen, causando desequilibrios digestivos y acidificación.

2.3.9 Digestibilidad

La digestibilidad es la proporción del alimento ingerido que es absorbida en el tracto gastrointestinal, es decir, la parte que no se excreta a través de las heces (Stein et al., 2007).

Digestibilidad *in vitro*

La digestibilidad *in vitro* es un procedimiento de laboratorio que reproduce artificialmente el proceso digestivo, empleando enzimas o fluido ruminal fuera del cuerpo del animal. Este método se caracteriza por ser más ágil, económico y con menores implicaciones éticas, aunque sus resultados pueden presentar ciertas variaciones en comparación con los obtenidos mediante métodos *in vivo* (Goering & Van Soest, 1970).

$$\%DMS = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} * 100$$

2.3.10 Factores que afectan la digestibilidad

El cálculo de la digestibilidad de un alimento requiere considerar diversos factores que pueden influir en los resultados, como la especie vegetal o animal de origen del ingrediente, el tipo de procesamiento al que ha sido sometido, las interacciones entre los nutrientes de la dieta, el método analítico empleado para su determinación, así como también las condiciones ambientales y las características individuales del animal evaluado (Julliand et al., 2006).

2.3.11 Etapa de madurez de la planta

Conforme las plantas avanzan en su maduración, se incrementa el contenido de lignina en sus tejidos, lo cual disminuye su digestibilidad y afecta negativamente su calidad nutricional.

Tipo de ración

Las raciones con baja digestibilidad impiden que los animales consuman la energía necesaria, especialmente en vacas de alta producción. Una dieta adecuada debe tener al menos 74 Mcal ENL. El exceso de concentrados y la falta de fibra reducen la ingesta, la producción y afectan la salud. La calidad del forraje y su correcta preparación son clave para una buena digestibilidad. Cuando el rumen se llena rápidamente con alimentos poco digestibles, se activa un mecanismo que limita el consumo (The Pennsylvania State University, 2016).

Factores que influyen en la digestibilidad del FDN

La madurez de la planta es el principal factor que afecta la digestibilidad de la FDN. En leguminosas, esta digestibilidad disminuye levemente en las primeras etapas de crecimiento, pero se reduce significativamente cuando el tallo y las células se engrosan y se desarrolla tejido lignificado. Este mismo efecto ocurre en gramíneas y en el ensilado de maíz (Orestes et al., 2018).

Materia seca

La materia seca (MS) corresponde al peso del alimento excluyendo su contenido de agua, y se expresa en forma porcentual. Por ejemplo, una pastura con un 20% de MS posee 20 gramos de materia seca por cada 100 gramos de pastura en estado fresco. La cantidad de materia seca presente en las pasturas y forrajes varía a lo largo del año, influenciada principalmente por el grado de madurez de la planta, la especie vegetal y las prácticas de manejo aplicadas (INIA Uruguay, 2020).

$$\%MS = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} * 100$$

Factores que influyen en el consumo de materia seca

La calidad del forraje influye notablemente en el consumo de materia seca (MS) y en la densidad energética de la dieta. Esta calidad puede variar ampliamente tanto entre diferentes tipos de forrajes como dentro de un mismo tipo. Factores como la especie, variedad o híbrido utilizado, el grado de madurez al momento del corte, el número de cortes, las condiciones ambientales, las prácticas de manejo y cosecha, así como el método de conservación (almacenamiento o ensilado), son determinantes clave que explican estas diferencias (Varga, 2023).

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1.Hipótesis

3.1.1 Hipótesis general

La frecuencia de corte de la pastura raigrás (*Lolium multiflorum*) y trébol blanco (*Trifolium repens*), afecta el consumo, digestibilidad y fermentación ruminal en vacas Holstein.

3.2.VARIABLES DE ESTUDIO

- Variable independiente: Frecuencia de corte
 - 25 días de edad
 - 35 días de edad
 - 45 días de edad
- Variable dependiente:
 - Consumo de forraje.
 - Digestibilidad del forraje.
 - pH ruminal.

CAPITULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación geográfica

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el CIPP Huayrapongo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias de la UNC ubicado en el distrito Baños del Inca de la provincia y región de Cajamarca, en los meses de enero a abril de 2021.

Geográficamente esta zona se localiza entre los paralelos 7° 08' 32" y 7° 11' 22" de latitud sur, y entre los meridianos 78° 27' 03" y 78° 29' 34" de longitud oeste, en altitudes comprendidas entre 2650 y 2682 msnm, presentando una topografía plana, con los siguientes datos climáticos:

- Presenta un Clima Templado – seco.
- Temperatura promedio anual de 14, 10 °C.
- Precipitación pluvial promedio de 750 mm y
- Humedad Relativa de 72%.

(Weather Spark, 2019)

Figura 1

Ubicación del estudio



Nota: Google Earth

4.2. Población, muestra y unidad de análisis.

Población

Veinticinco (25) vacas de la raza Holstein del CIPP Huayrapongo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias de la UNC.

Muestra

Se utilizaron 3 animales (vacas Holstein de primer parto). La utilización de tres vacas se justifica por el diseño Cuadrado Latino 3×3, que requiere igual número de animales, tratamientos y periodos. Este diseño permite que cada vaca actúe como

su propio control, reduciendo la variabilidad biológica, aumentando la precisión estadística.

Materiales

Se utilizaron nariceras, sogas, aretes, marcador, baldes, envases herméticos, guantes de palpación, tijera podadora, plástico, costales, cuaderno de campo, lapiceros y cámara fotográfica

4.3. Metodología

La investigación se llevó a cabo en dos fases.

Fase preexperimental

En la pastura:

El experimento se llevó a cabo en una pradera de pastura permanente con aproximadamente 10 años de establecimiento, constituida por una asociación de raigrás (*Lolium perenne*) y trébol blanco (*Trifolium repens*). Con el fin de estandarizar el rebrote de la pastura, se realizaron cortes de homogeneización escalonados en función de los tratamientos: a los 45, 35 y 25 días previos al inicio del experimento. Para la evaluación, se delimitaron aleatoriamente áreas de 60 m² por frecuencia de corte diaria. La fase experimental se extendió por un periodo de 36 días.

En las vacas:

Siete días antes del inicio de la fase experimental, los animales fueron adaptados al sistema de estabulación. De manera simultánea, se llevó a cabo la desparasitación interna y externa, así como la administración de vitaminas A, D, E y del complejo B, con el objetivo de garantizar la homogeneidad del estado sanitario de las vacas y asegurar que iniciaran la fase experimental en condiciones fisiológicas óptimas.

Fase experimental.

Se emplearon tres vacas de la raza Holstein con fístula ruminal, con un promedio de edad de 3.5 años y un peso vivo medio de 536 kg. Cada ejemplar contaba con una cánula ruminal permanente de 5 cm de diámetro. Los animales fueron alojados individualmente en corrales de 32 m² con piso de concreto, equipados con comedero y bebedero.

La evaluación se desarrolló durante tres periodos consecutivos de 12 días cada uno. Siguiendo un diseño experimental de Cuadrado Latino 3 x 3, cada vaca recibió de forma aleatoria forraje de las tres frecuencias de corte en estudio. La asociación de raigrás y trébol blanco se suministró fresca y picada, ofreciendo 72 kg de forraje verde por animal al día, distribuidos en tres raciones iguales de 24 kg (08:00, 12:00 y 16:00 h). Los animales dispusieron de acceso ad libitum a agua limpia.

Cada periodo experimental constó de siete días de adaptación a la dieta, seguidos de cinco días de fase experimental, en los cuales se registró la cantidad de forraje ofrecido y rechazado, se midió el pH del líquido ruminal y se recolectaron las muestras del forraje ofrecido para determinar la materia seca y su digestibilidad *in vitro*.

Tipo y descripción del diseño de la investigación

Para la presente investigación, se desarrolló un enfoque cuantitativo con un diseño experimental, en el cual se manipularon de forma intencionada las variables independientes (frecuencias de corte de la pastura), con el propósito de analizar los efectos que dicha manipulación tuvo sobre las variables dependientes (consumo, digestibilidad y pH ruminal en vacas Holstein), todo ello dentro de un contexto controlado por el investigador.

Tratamiento y diseño

Los tratamientos experimentales evaluados consistieron en una pastura con tres frecuencias de corte:

T₁ – 25 días de crecimiento

T₂ – 35 días de crecimiento y

T₃ – 45 días de crecimiento

Para determinar el consumo de las pasturas de las tres frecuencias de corte y por tres periodos se utilizaron tres vacas fistuladas de la raza Holstein, donde cada vaca consumió, aleatoriamente, forraje de las tres frecuencias de corte, siguiendo un diseño de cuadrado latino de 3 x 3. Para la diferencia de medias se usó la prueba de Tukey.

Diseño Cuadrado Latino

Modelo matemático lineal $Y_{ijk} = \mu + T_i + C_j + H_k + E_{ijk}$

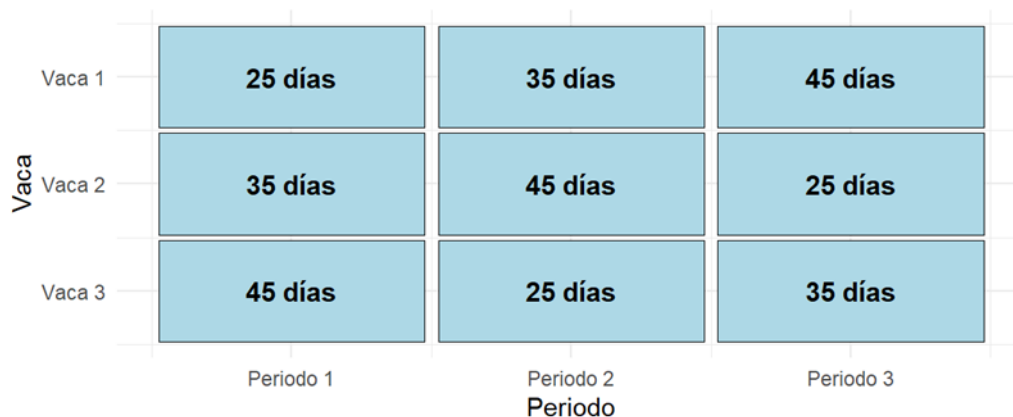
Donde:

- Y_{ijk} = Son los resultados obtenidos al aplicar el i-ésimo tratamiento en la j – esima vaca, k-ésimo periodo.
- μ = Media general
- T_i = Efecto del tratamiento i
- C_j = Efecto de la vaca j
- H_k = Efecto del periodo k

- ϵ_{ijk} = Efecto del error experimental asociado al i-ésima tratamiento, j-ésima vaca, k-ésimo periodo.

Figura 2

Distribución del pasto



Análisis e interpretación de datos

La recopilación de los datos se realizó utilizando una libreta de campo. Las variaciones entre las medidas de las variables estudiadas se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA), y los datos fueron procesados utilizando el Programa RStudio versión 4.5.1

Mediciones

Consumo de forraje

Durante cada período, se registró el consumo voluntario de materia seca (MS) durante cinco días consecutivos, calculándolo como la diferencia entre el alimento ofrecido y el alimento rechazado. Para determinar el porcentaje de MS, se tomaron muestras del forraje y se secaron en una estufa con circulación de aire forzado a 60 °C durante 48 horas, hasta alcanzar un peso constante.

Digestibilidad *in vitro* del forraje

Se recogió una muestra representativa de la pastura ofrecida a las vacas, y luego de obtener la materia seca se envió al Laboratorio de Nutrición de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, para su análisis respectivo, donde se aplicó el siguiente método: Digestibilidad *in-vitro*: Método 3: In Vitro True Digestibility using the DAISYII Incubator (ANKOM, 2005).

pH Ruminal

Para la determinación del pH ruminal, se extrajeron muestras de licor ruminal del saco ventral mediante el uso de una sonda de succión introducida directamente a través de la cánula ruminal. Las mediciones se realizaron utilizando un pH metro portátil (Modelo pH-207 V) en horarios los horarios de 07:00, 09:00, 11:00, 13:00 y 15:00 h.

Previo a la medición del, se realizó la calibración del instrumento, el procedimiento inició con el encendido y la remoción del capuchón protector, seguido de un enjuague meticuloso del electrodo con agua destilada y un secado delicado con papel absorbente. La calibración en el punto neutro se efectuó sumergiendo el electrodo en una solución tampón de pH 7.0; una vez estabilizada la lectura, se ajustó el equipo hasta obtener el valor exacto de referencia. Posteriormente, se repitió el proceso de limpieza del electrodo y se efectuó la calibración en el punto ácido con una solución tampón de pH 4.0, con el fin de asegurar la precisión de las mediciones en el rango esperado. El proceso concluyó con una etapa de verificación mediante la relectura de la solución de pH 7.0, garantizando así la precisión de los datos obtenidos.

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

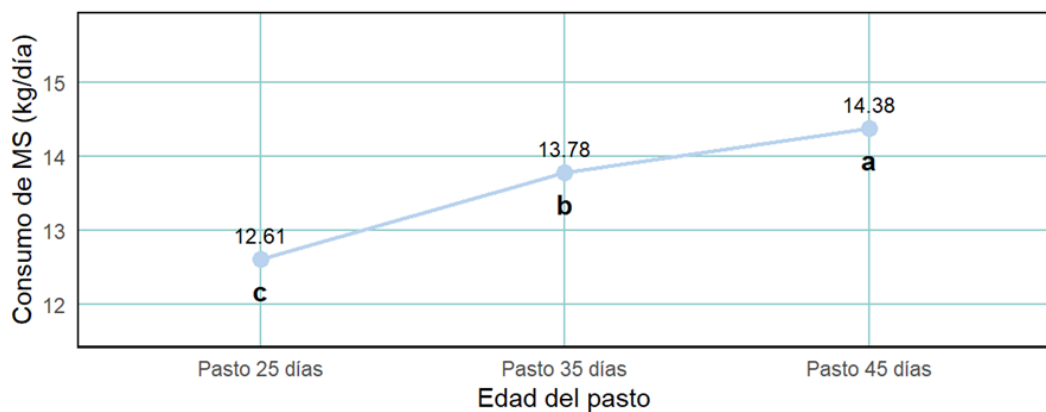
Consumo de materia seca

En la figura 3, se observa que el consumo promedio de materia seca mostró un incremento progresivo a medida que aumenta la edad de rebrote de la pastura registrándose 14,38 kg/MS/vaca/día para el pasto con 45 días, 13,78 kg/MS/vaca/día para 35 días y 12,61 kg/MS/vaca/día para 25 días, evidenciando diferencias significativas entre los tres tratamientos ($p < 0,05$). Esto coincide con lo reportado por Pillaca Auccasi, (2024) el momento óptimo de defoliación se alcanzó entre 31 y 36 días, coincidiendo con la aparición de 3 a 5 hojas o pecíolos según la especie y la estación. Esto se atribuye principalmente a factores estructurales y fisiológicos que ocurren conforme avanza la madurez del forraje. A medida que el pasto crece, se produce un aumento gradual en la cantidad total de biomasa disponible y una mayor proporción de tejidos completamente desarrollados, lo que mejora la capacidad de pastoreo y la facilidad de aprehensión del pasto por parte del animal. Este incremento en la disponibilidad física de forraje permite a las vacas prolongar el tiempo de pastoreo y aumentar la cantidad de materia seca consumida diariamente (Gonçalves et al., 2009). Esto concuerda con lo manifestado por Polo & Urieta, (2022) los rendimientos de materia seca tienden a incrementarse con más días de crecimiento al corte. Asimismo, la madurez intermedia y avanzada del pasto favorece una estructura de la cobertura vegetal más abierta y accesible, lo que reduce la selectividad y las limitaciones mecánicas de aprehensión. Estos factores explican el mayor consumo de materia seca observado en los pastos de 45 días, asociado a una mayor oferta y accesibilidad del forraje en comparación con los rebrotes más

jóvenes; los resultados del consumo de MS concuerdan con los reportados por Castro et al., (2019) quien reportó consumos de MS desde 12,3 kg/MS/día hasta 15.5 kg/MS/día. Y superan los valores encontrados por Terán et al., (2022) y Vallejos et al., (2020) de 10,2 y 10,9 kg/MS/día respectivamente, diferencias atribuibles a variaciones en peso vivo de los animales, nivel productivo, oferta forrajera y momento de uso de las pasturas, estado fisiológico entre las investigaciones. Sin embargo, este aumento cuantitativo del CMS no implica necesariamente un incremento proporcional en el aporte neto de nutrientes metabolizables. La maduración fisiológica de la planta implica un aumento en el contenido de fibra detergente neutro (FDN) y lignina (ADL), reduciendo la digestibilidad y prolongando el tiempo de retención del forraje en el rumen. Este efecto puede generar llenado físico limitante, especialmente a edades muy avanzadas, condicionando el consumo voluntario efectivo.

Figura 3

Consumo de forraje (MS) según la edad del pasto



Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$)

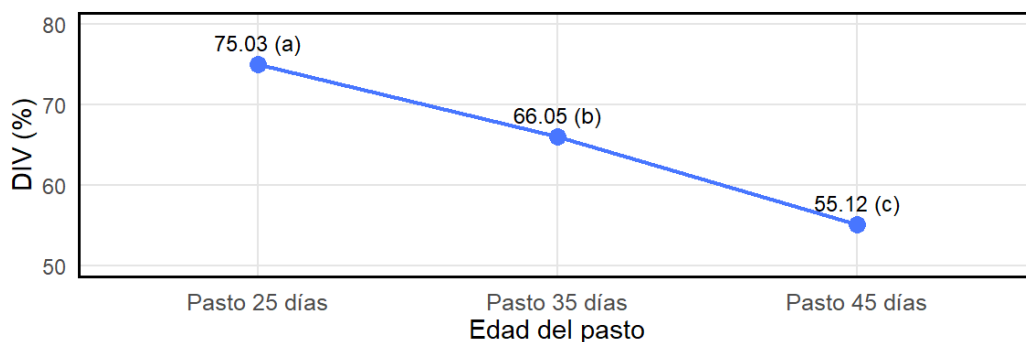
Como se observa en la tabla 1 (Anexos) el análisis de varianza (ANOVA) muestra que el tratamiento (edad del pasto) tuvo un efecto altamente significativo sobre el consumo de materia seca ($p < 0,001$), confirmando que la edad del pasto influye directamente en la cantidad de forraje ingerido por las vacas. Esto coincide con la tendencia descrita en la Figura 3, donde el consumo aumentó desde 12,61 kg MS/vaca/día (25 días) hasta 14,38 kg MS/vaca/día (45 días). Por otro lado, el factor vaca también mostró diferencias significativas, representando una variabilidad biológica mínima e inherente entre los individuos, incluso bajo condiciones experimentales controladas y con animales seleccionados por su homogeneidad en peso, edad y estado fisiológico (Cantalapiedra et al., 2018). En cambio, el factor periodo no fue significativo ($p > 0,05$), lo que sugiere que las condiciones ambientales y de manejo se mantuvieron estables a lo largo de los periodos experimentales, sin afectar el patrón de consumo. En conjunto, estos resultados validan el efecto fisiológico y agroecológico de la edad de corte sobre el consumo de MS, demostrando que los pastos bien maduros ofrecen mayor disponibilidad física de forraje y facilitan la ingestión voluntaria, sin que el manejo ni las condiciones del periodo experimental hayan interferido significativamente (Soder et al., 2022).

Digestibilidad

Como se observa en la figura 4 la digestibilidad del pasto disminuye progresivamente con la edad del forraje, registrando 75,03 % a los 25 días, 66,05 % a los 35 días y 55,12 % a los 45 días. Las diferencias entre edades son estadísticamente significativas ($P < 0,05$). Los resultados encontrados son similares a los reportados por Vallejos-Cacho et al., (2024) la digestibilidad para el raigrás de 30 días fue 72,74 %, de 45 días de 69,62 y a los 60 días de 61,9%. Este comportamiento responde al proceso natural de maduración fisiológica del forraje, caracterizado por una mayor lignificación de las paredes celulares y una reducción de los tejidos jóvenes y metabólicamente activos (Jung & Allen, 1995). En los rebrotes más tiernos (25 días) predomina una elevada relación hoja: tallo y una menor proporción de componentes estructurales, lo que favorece la degradación ruminal y explica la mayor digestibilidad registrada. A medida que el pasto envejece (35 - 45 días), se incrementa la formación de tejido estructural y el contenido de fibra, lo que reduce la fracción potencialmente degradable. Aunque el consumo de materia seca aumenta con la madurez del forraje debido a una mayor oferta y accesibilidad física, la calidad nutritiva y la eficiencia digestiva disminuyen progresivamente. Estos resultados confirman la relación inversa entre consumo y digestibilidad típica de los sistemas de pastoreo, los pastos más maduros aportan mayor cantidad de biomasa, pero con menor valor nutritivo, mientras que los más jóvenes, aunque menos abundantes, presentan una mejor calidad (Trindade et al., 2016).

Figura 4

Digestibilidad In Vitro según la edad del pasto



Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$)

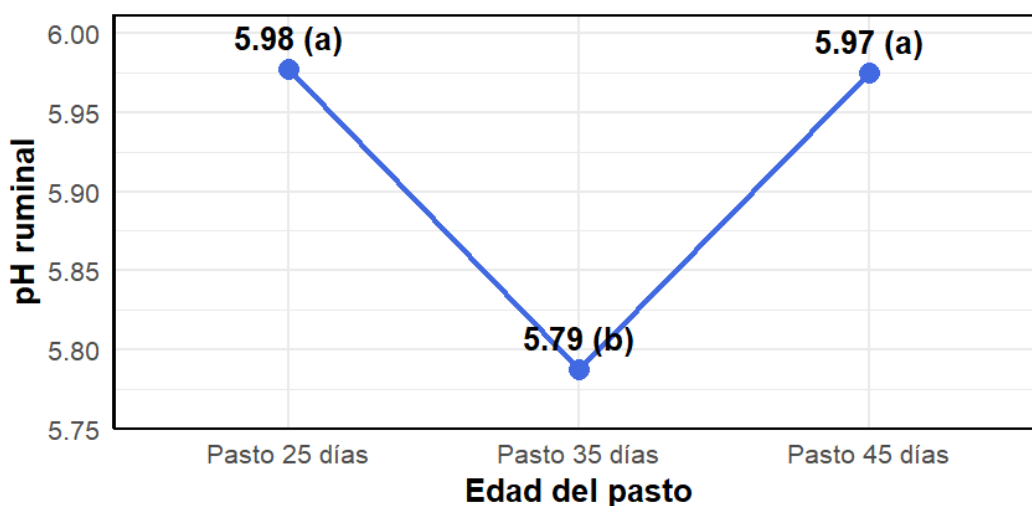
Como se observa en la tabla 2 (Anexos) el ANOVA evidenció diferencias significativas ($p < 0,05$) en la digestibilidad de la MS entre las edades de los pastos, confirmando el efecto fisiológico de la madurez del forraje sobre la calidad del pasto. Los rebrotes de 25 días presentaron la mayor digestibilidad, mientras que a los 45 días se observó una reducción marcada asociada al aumento de tejidos estructurales y lignificación. En contraste, los factores vaca y periodo según el ANOVA no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$), indicando una adecuada homogeneidad experimental y estabilidad en las condiciones de evaluación.

pH Ruminal

Cómo se observa el ANOVA de la tabla 3 (Anexos), tanto el período experimental ($p < 0,01$) como el tratamiento ($p < 0,05$) influyeron significativamente sobre el pH ruminal, mientras que el efecto individual de la vaca no resultó significativo ($p > 0,05$). En la Figura 5, los tratamientos con pastos de 25 y 45 días presentaron valores de pH ruminal similares (5,98 y 5,97, respectivamente), en tanto que el pasto de 35 días registró un valor significativamente menor (5,79), los resultados son similares a los reportados por Ruíz et al., (2024) los valores medios de pH ruminal fueron 6.14 y 6.06 y contrastan con los resultados de Rojas et al., (2023) quien determinó un incremento progresivo del pH conforme aumentó la altura del pasto (T₁: 4.92; T₂: 5.02; T₃: 5.37). Lo que confirma que la edad del forraje modifica la respuesta ruminal y ejerce un efecto determinante sobre la acidez del medio ($p < 0,05$). La variación atribuida al tratamiento confirma que la madurez del forraje modifica la dinámica fermentativa del rumen, los pastos de 35 días provocaron un descenso del pH (5,79), reflejando una mayor producción de ácidos grasos volátiles, mientras que los rebrotes de 25 días y 45 días mantuvieron valores más estables, cercanos a 6. Las variaciones observadas entre períodos podrían deberse a factores ambientales o a procesos de adaptación fisiológica de los animales, sin alterar la tendencia principal. En conjunto, estos resultados demuestran que la madurez del pasto ejerce un efecto no lineal sobre la fermentación ruminal, modulando el equilibrio entre la actividad microbiana, la digestibilidad y la estabilidad del pH; de modo que una edad intermedia del forraje (35 días) favorece la fermentación, pero podría comprometer la estabilidad ruminal si no se ajustan adecuadamente la carga animal y la rotación de potreros.

Figura 5

pH Ruminal según la edad del pasto



Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$)

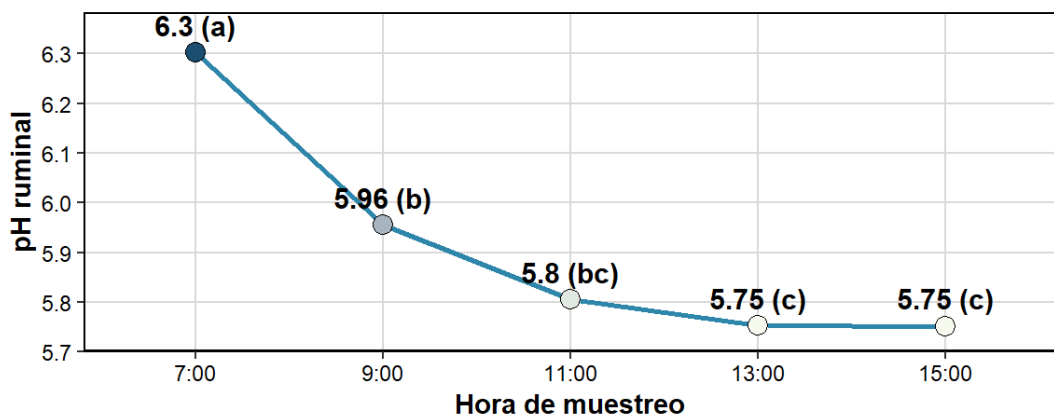
pH Ruminal según la edad de la pastura y hora del día

Como se observa en el ANOVA la tabla 4 (Anexo) muestra que todos los factores evaluados tratamiento edad de la pastura, vaca, período y hora del día ejercen efectos estadísticamente significativos sobre el pH ruminal. La hora del día fue el factor con mayor influencia ($p < 1 \times 10^{-13}$), seguida del período ($p < 0,000001$), el tratamiento ($p < 0,001$) y las diferencias individuales entre vacas ($p < 0,01$). Esto indica que, además del manejo y la edad del forraje, la variabilidad biológica entre animales y las fluctuaciones temporales tienen un papel determinante en la dinámica ruminal. El modelo mostró un error residual reducido, lo que evidencia su alta precisión y capacidad para explicar la mayor parte de la variabilidad observada. Como se aprecia en la Figura 6, el pH ruminal alcanzó su valor más alto a las 7:00 horas (6,30), significativamente superior al registrado en el resto de las horas evaluadas. Posteriormente, entre las 9:00 y 11:00 horas, el pH disminuyó a valores de 5,96 y 5,81, alcanzando sus niveles más bajos a las 13:00 y 15:00 horas (5,76), sin diferencias significativas entre estas dos últimas mediciones. Los resultados son similares a los

reportados por Rojas et al., (2023) el pH ruminal fue mayor al inicio de la jornada de pastoreo (Hora 1: 5.52) y menor al finalizar (Hora 2: 4.69). En contraste, la altura del forraje afecta la dinámica del ambiente ruminal. Esta tendencia refleja la influencia de los ritmos circadianos y de los patrones de ingestión, durante la noche, la menor oferta de forraje reduce la fermentación, mientras la rumia nocturna genera saliva rica en bicarbonato, que amortigua los ácidos y mantiene un pH elevado. Con el inicio del pastoreo matutino, la ingesta de forraje fresco incrementa la fermentación microbiana y la producción de ácidos grasos volátiles, provocando la reducción progresiva del pH. En conjunto, los resultados demuestran que la dinámica del pH ruminal responde a una interacción compleja entre el tratamiento aplicado, la biología individual, los ciclos temporales y las condiciones ambientales, lo que resalta la importancia de considerar estos factores de manera integrada para interpretar adecuadamente los procesos fermentativos y optimizar el manejo nutricional del ganado.

Figura 6

Evolución del pH ruminal durante el día



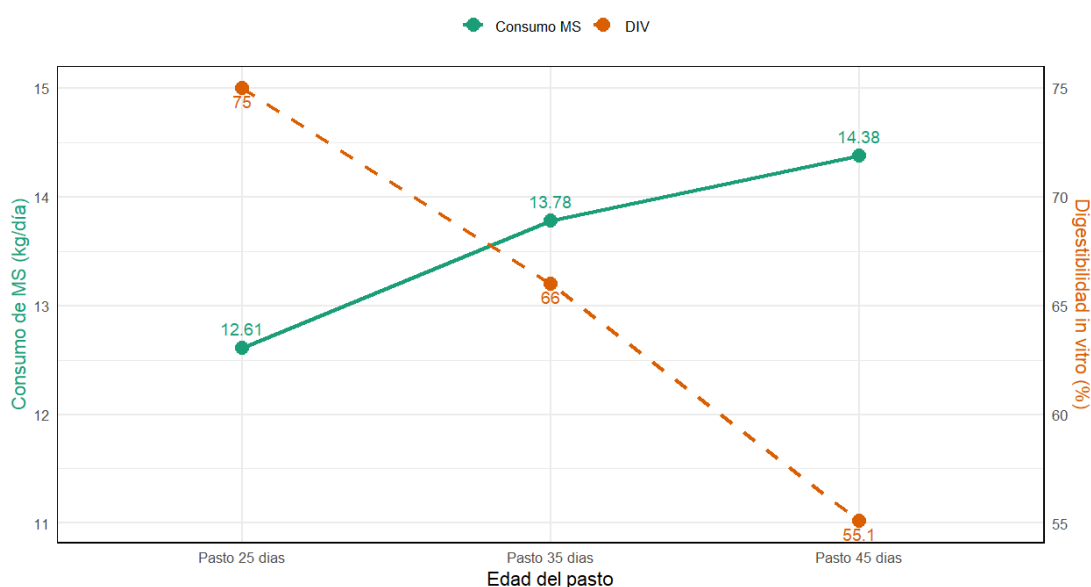
Letra diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$)

Relación consumo de materia seca y digestibilidad de materia seca

Como se observa en la figura 7 a pesar de que el pasto de 25 días de edad es el más digestible (75,03%), no es el más consumido. Esto se debe a que forrajes muy tiernos tienen alta humedad y baja fibra efectiva, lo que puede limitar la capacidad de ingestión 12,61kg/MS. Esto tiene relación con lo manifestado por (Jung & Allen, 1995). la maduración fisiológica del forraje implica un aumento de la lignificación de la pared celular y una disminución de los tejidos jóvenes metabólicamente activos. En términos de forraje verde es aproximadamente 66 kg/FV. (efecto físico de llenado más rápido por agua y menor necesidad de rumiar). El pasto de 45 días de edad, aunque menos digestible (55,1%), permite mayor consumo 14,38 kg/MS porque su contenido de materia seca es mayor y el llenado físico del rumen es más lento. El pasto de 35 días de edad logró una digestibilidad de (66,04%), y un consumo de 13,78 kg/MS un punto intermedio entre ambos extremos.

Figura 7

Relación entre Materia seca y Digestibilidad In Vitro

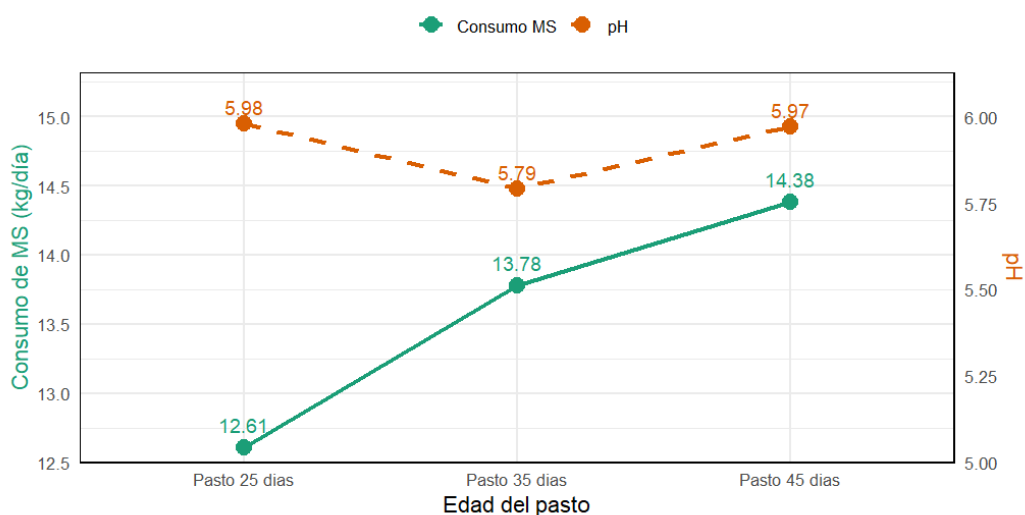


Relación consumo de materia seca y pH ruminal

Como se observa en la figura 8 el consumo de materia seca (MS) aumenta progresivamente con la edad del pasto 12,61 kg/día a los 25 días, 13,78 kg/día a los 35 días y 14,38 kg/día a los 45 días. El pH ruminal muestra un patrón ligeramente diferente es más bajo a los 35 días (5,79) y vuelve a valores cercanos a 6 en los pastos más jóvenes y más maduros (5,98 y 5,97). Estos datos sugieren que la edad del pasto tiene un efecto significativo y no lineal sobre la ingestión y sobre la fermentación ruminal. Esto concuerda con lo manifestado por Polo & Urieta, (2022) los rendimientos de materia seca tienden a incrementarse con más días de crecimiento al corte. El consumo de MS de los animales aumentó con la edad del pasto, mientras que el pH ruminal mostró un mínimo a los 35 días, (5.79 pH) indicando un punto de fermentación más activo. Concuerda con (Gonçalves et al., 2009). Este aumento en la disponibilidad física del forraje favorece que las vacas extiendan el tiempo de pastoreo y eleven la ingesta diaria de materia seca. Estos resultados reflejan un compromiso entre disponibilidad de forraje y calidad digestiva, sugiriendo que la edad óptima de pasto para maximizar ingesta y eficiencia nutricional depende de un balance entre volumen consumido y digestibilidad. La interpretación respalda estrategias de manejo de pasturas que consideren tanto la madurez del forraje como la respuesta fisiológica de los animales para optimizar la productividad.

Figura 8

Relación entre Materia seca y pH Ruminal

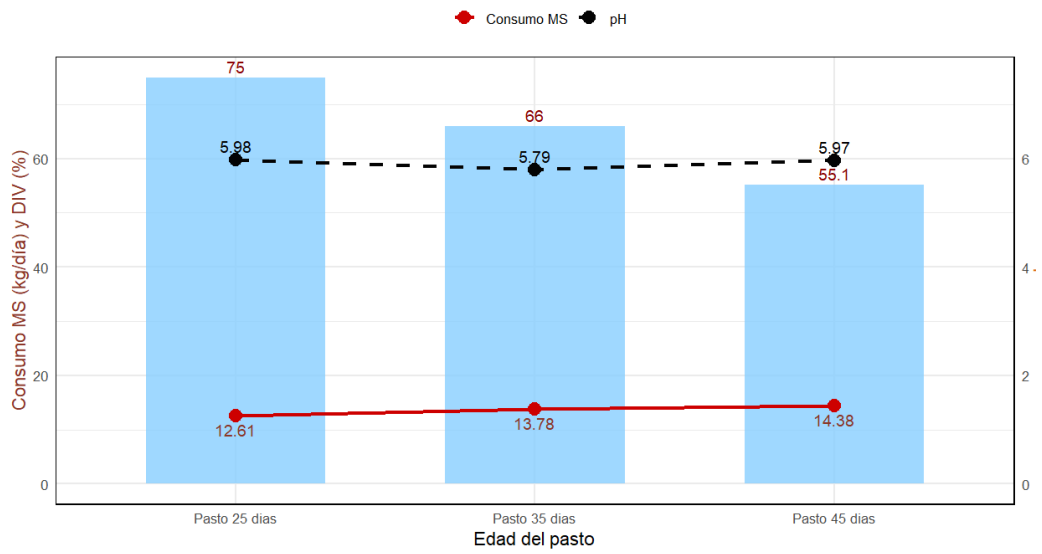


Relación entre consumo de materia seca, digestibilidad y pH ruminal

En la figura 9 se observa el análisis conjunto de CMS, DIV y pH ruminal, esto indica que la edad óptima de pastoreo no puede definirse únicamente por el consumo, ya que el incremento de ingesta con la maduración del pasto ocurre a expensas de una reducción en la digestibilidad, lo que puede comprometer la eficiencia de conversión y la salud ruminal a largo plazo. Concuerdando con lo manifestado por (Trindade et al., 2016) la disponibilidad de forraje como la estructura del pasto influyen en el consumo diario de materia seca. Desde una perspectiva de manejo sostenible y productiva, un rango de rebrote entre 30 y 40 días podría representar el mejor compromiso entre disponibilidad, calidad y estabilidad ruminal, siempre ajustando la suplementación según el objetivo productivo. Esto concuerda con lo manifestado por (Pérez, 2025). Durante la fermentación ruminal el pH disminuye por la producción de AGV y se restablece cuando estos ácidos son absorbidos o eliminados, manteniendo el equilibrio del rumen.

Figura 9

Relación entre consumo de Materia seca, Digestibilidad y pH ruminal



CAPITULO VI

CONCLUSIONES

El consumo de materia seca se incrementa progresivamente con la madurez del pasto, alcanzando su valor máximo en los rebrotes de 45 días.

La digestibilidad del pasto disminuye progresivamente con la edad del rebrote, desde 75,03 % a los 25 días hasta 55,12 % a los 45 días.

El pH ruminal está influenciado por la edad de la pastura, el período experimental, la hora del día y la variabilidad individual entre animales; sin embargo, la hora del día es el factor predominante, influyendo de manera decisiva en la evaluación del efecto de la edad del forraje sobre la fermentación ruminal.

El pH ruminal es más alto a las 7:00 h (6,30), siendo significativamente mayor que en las demás horas. Posteriormente disminuye entre las 9:00 y 11:00 h (5,96 y 5,81) y alcanza sus valores más bajos a las 13:00 y 15:00 h (5,76).

CAPITULO VII

RECOMENDACIONES

Se recomienda priorizar el consumo de pasto en un intervalo de rebrote de 30 a 40 días para equilibrar cantidad y calidad. Aunque a los 45 días el consumo es mayor, este se ve limitado por un llenado físico más lento debido a la madurez del pasto.

Es fundamental no exceder los 40 días de rebrote. Dado que la digestibilidad a los 45 días cae drásticamente al 55.12%. Para evitar que la lignificación de los tejidos limite el aporte neto de nutrientes, se debe priorizar el pastoreo o corte cuando el forraje conserva una mayor tasa de degradación ruminal.

Se sugiere el pastoreo o corte de pasturas a partir de los 30 a 40 días para promover la máxima actividad fermentativa en el ecosistema ruminal. No obstante, considerando que los niveles críticos de pH se manifiestan entre las 13:00 y 15:00 horas, se recomienda evitar el suministro de concentrados altamente fermentables al mediodía. En su lugar, se debe priorizar el aporte de fibra efectiva para estabilizar el ambiente ruminal y prevenir la acidosis subclínica.

CAPITULO VIII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ackroff, K. (1992). Foraging for macronutrients: Effects of protein availability and abundance. *Physiology & Behavior*, *51*(3), 533–542. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(92\)90176-3](https://doi.org/10.1016/0031-9384(92)90176-3)
- Agle, M., Hristov, A. N., Zaman, S., Schneider, C., Ndegwa, P. M., & Vaddella, V. K. (2010). Effect of dietary concentrate on rumen fermentation, digestibility, and nitrogen losses in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *93*(9), 4211–4222. <https://doi.org/10.3168/JDS.2009-2977>,
- Barrett, P. D., Laidlaw, A. S., Mayne, C. S., Christie, H., Barrett, P. D., Laidlaw, A. S., Mayne, C. S., & Christie, H. (2001). Pattern of herbage intake rate and bite dimensions of rotationally grazed dairy cows as sward height declines. *GForS*, *56*(4), 362–373. <https://doi.org/10.1046/J.1365-2494.2001.00286.X>
- Bendersky, D. (2011). *Disponibilidad de forraje. ¿Nos va alcanzar el pasto que tenemos?* www.produccion-animal.com.ar
- Cantalapiedra Hajar, G., Abo-Ismael, M., Carstens, G. E., Guan, L. L., Hegarty, R., Kenny, D. A., Mcgee, M., Plastow, G., Relling, A., & Ortigues-Marty, I. (2018). Review: Biological determinants of between-animal variation in feed efficiency of growing beef cattle. *Animal*, *12*(s2), s321–s335. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001489>
- Carrasco Chilón, W., Cervantes Peralta, M., Mendoza, L., Muñoz Vílchez, Y., Quilcate, C., Nuñez Melgar, D. C., Vásquez, H., & Alvarez García, W. Y. (2024). Morphological Differentiation, Yield, and Cutting Time of *Lolium multiflorum* L. under Acid Soil Conditions in Highlands. *Plants*, *13*(16). <https://doi.org/10.3390/plants13162331>
- Carrasco, W., Alvarez, W., Vallejos, L., & Vásquez, H. (2021). Floristic Composition of Dairy Cattle Pastures in the Peruvian Northern Highlands. *EC Veterinary Science*, *10*.
- Castro, R. E., Cardona Iglesias, J., Hernández Oviedo, F., Valenzuela Chiran, M., & Avellaneda Avellaneda, Y. (2019). Evaluación de tres cultivares de *Lolium perenne* L. con vacas lecheras, en el trópico alto de Nariño- Colombia. *Pastos y Forrajes*, 1–16.
- Collins, M., Lacefield, G., Martin, N., Mertens, D., Olson, K., Putnam, D., Undersander, D., & Wolf, M. (2001). Understanding forage quality Don Ball. *American Farm Bureau Federation Publication*, *1*(01), 20.
- Dubeux, J., Blount, A. R., & Rios, E. (2020). White Clover. *EDIS*, *2020*(5). <https://doi.org/10.32473/EDIS-AA198-2006>
- Dubeux, J., Blount, A., & Rios, E. (2020). White Clover 1. *IFAS Extension University of Florida*, *54*, 4.

- FAO. (2023). Perspectivas alimentarias. In *Perspectivas Alimentarias*.
- Flores, R. A., Urquiaga, S., Alves, B. J. R., Collier, L. S., Zanetti, J. B., & De Mello Prado, R. (2013). Nitrogênio e idade de corte na qualidade da biomassa de capimelefante para fins agroenergéticos cultivado em Latossolo. *Semina: Ciências Agrárias*, 34(1), 127–136. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n1p127>
- Forbes, M. (2007). Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals. In *Annual review of psychology* (Number 1).
- Fryxell, J. M., Wilmshurst, J. F., Sinclair, A. R. E., Haydon, D. T., Holt, R. D., & Abrams, P. A. (2005). Landscape scale, heterogeneity, and the viability of Serengeti grazers. *Ecology Letters*, 8(3), 328–335. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00727.x>
- Fryxell JM, Wilmshurst JF, Sinclair ARE, Haydon DT, Holt RD, Abrams PA. *Landscape scale, heterogeneity, and the viability of Serengeti grazers - Buscar con Google*. (n.d.). Retrieved June 16, 2025, from <https://www.google.com/search?>
- Goering, H. K., & Van Soest, P. J. (1970). *FORAGE FIBER ANALYSES*.
- Gonçalves, E. N., Carvalho, P. C. de F., Kunrath, T. R., Carassai, I. J., Bremm, C., & Fischer, V. (2009). Relações planta-animal em ambiente pastoril heterogêneo: processo de ingestão de forragem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(9), 1655–1662. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000900003>
- Gonçalves, E. N., de Faccio Carvalho, P. C., da Silva, C. E. G., dos Santos, D. T., Díaz, J. A. Q., Baggio, C., & Nabinger, C. (2009). Relações planta-animal em ambiente pastoril heterogêneo: Padrões de desfolhação e seleção de dietas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(4), 611–617. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000400004>
- Gregory, N. G. (2008). Physiology and Behaviour of Animal Suffering. In *Physiology and Behaviour of Animal Suffering*. Blackwell Publishing. <https://doi.org/10.1002/9780470752494>
- Gutiérrez, F., Estrella, A., Irazábal, E., Quimiz, V., Portilla, A., & Bonifaz, N. (2022). Mejoramiento de la eficiencia de la proteína de los pastos en bovinos de leche utilizando cuatro formulaciones de balanceados. *Granja*, 36(2), 115–122. <https://doi.org/10.17163/LGR.N28.2018.09>
- Gutiérrez, F., Sacido, M., & Feldman, S. (2024). Efecto sinérgico de las mezclas de raigrás perenne con trébol sobre la degradabilidad ruminal. *Nutrición Animal Tropical*, 18(2), 25. <https://doi.org/10.15517/nat.v18i2.61798>
- INIA Uruguay. (2020). *Determinación de materia seca de una pastura*.
- Julliand, V., De Fombelle, A., & Varloud, M. (2006). Starch digestion in horses: The impact of feed processing. *Livestock Science*, 100(1), 44–52. <https://doi.org/10.1016/J.LIVPRODSCI.2005.11.001>

- Jung, H. G., & Allen, M. S. (1995). Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal of Animal Science*, 73(9), 2774–2790. <https://doi.org/10.2527/1995.7392774X>
- Mazzanti, A., Lemaire, G., & Gastal, F. (1994). The effect of nitrogen fertilization upon the herbage production of tall fescue swards continuously grazed with sheep. 1. Herbage growth dynamics. *Grass and Forage Science*, 49(2), 111–120. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2494.1994.TB01983.X;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER>
- Mejia, D. E., Mahecha Ledesma, L., & Angulo Arizala, J. (2017). Consumo de materia seca en un sistema silvopastoril de *Tithonia diversifolia* en trópico alto. *Agronomía Mesoamericana*, 28(2), 389. <https://doi.org/10.15517/MA.V28I2.23561>
- Mejia Haro, J. (2002). Consumo Voluntario de Forraje por Rumiantes en Pastoreo. *Acta Universitaria*, 12(2), 9.
- Norton, M. R., Li, G. D., Xu, B., Price, A., Tyndall, P., & Hayes, R. C. (2021). Differences in dehydration tolerance affect survival of white clover (*Trifolium repens*) and lucerne (*Medicago sativa*) during a drying cycle. *Crop and Pasture Science*, 72(9), 723–730. <https://doi.org/10.1071/CP20300>
- Núñez, T. O. P. (2019). El ecosistema ruminal en bovinos y sus posibilidades de mejora. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 6(1), 1–2. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2311-25812019000100001&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Orestes, L. O. L., González García, H., Celi Vásquez Paucar, M., & Estrada Angulo, A. (2018). Composición química, digestibilidad ruminal in situ y fraccionamiento proteico de *Stylosanthes guianensis*. *Ciencia En La Frontera*, (2), 29–35.
- Owens, F. N., Secrist, D. S., Hill, W. J., & Gill, D. R. (1998). Acidosis in Cattle: A Review. *Journal of Animal Science*, 76(1), 275–286. <https://doi.org/10.2527/1998.761275X>,
- Pérez, G. L. R. (2025, March). *Importancia del pH y el balance en el rumen*. <https://www.ganaderia.com/destacado/importancia-del-ph-y-el-balance-en-el-rumen>
- Pillaca Auccasi, R. (2024). *Estado fenológico óptimo a la defoliación en pasturas asociadas Allpachaka - Ayacucho Tesis* (Vol. 1). Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
- Plaizier, J. C., Krause, D. O., Gozho, G. N., & McBride, B. W. (2008). Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences. *Veterinary Journal*, 176(1), 21–31. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.016>
- Polo, L. E., & Urieta, S. (2022). Estudio de frecuencia de corte sobre la producción forrajera y su relación hoja tallo del pasto *Urochloa brizantha* cv. Paiguás. *Revista de*

Investigaciones Agropecuarias, 5, 1–9.

<https://portal.amelica.org/ameli/journal/222/2225117003/html/>

Portillo López, P. A., Meneses Buitrago, D. H., Lagos Burbano, E., Duter Nisivoccia, M. E., & Castro Rincón, E. (2021). Valor nutritivo de mezclas forrajeras en épocas seca y de lluvias en Nariño, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 32(2), 556–572.

<https://doi.org/10.15517/am.v32i2.43207>

Pulido, R. (2021). *Dinámica del nitrógeno amoniacal y ph ruminales en vacas a pastoreo / Engormix*. https://www.engormix.com/ganaderia/sistema-engorde-pastoril/dinamica-nitrogeno-amoniacal-ruminales_a47795/

Rojas Vásquez, Z., Gutiérrez Arce, F., & Gutiérrez Arce, W. (2023). Efecto de la altura de pastura sobre el pH ruminal y producción láctea en vacas Holstein, en una pradera de rye grass ecotipo cajamarquino (*Lolium multiflorum*) y trébol blanco (*Trifolium repens*). *Revista de Veterinaria y Zootecnia Amazónica*, 3(1), 13.

<https://doi.org/10.51252/revza.v3i1.400>

Ruíz Albarrán, M., Balocchi, O., Wittwer, F., & Pulido, R. G. (2024). Evaluación de la fermentación ruminal en vacas lecheras en pastoreo otoñal utilizando muestras de líquido ruminal obtenido por rumenocentesis. *Ciencias Veterinarias y Producción Animal*, 1, 5–14. <https://doi.org/10.29059/cvpa.v1i2.19>

Sánchez, J. (2019). Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero. *Agrociencias*, 15(2), 1–25.

Saúl. (2021, November 22). *Ventajas del manejo de alimentación en el ganado lechero*. <https://molinoschampion.com/manejo-de-alimentacion-ganado-lechero/>

Searle, K. R., & Shipley, L. A. (2008). *The Comparative Feeding Behaviour of Large Browsing and Grazing Herbivores*. 117–148. https://doi.org/10.1007/978-3-540-72422-3_5

Silva Baca, V. L. (2024). *Caracterización agronómica y genotipado de 10 líneas promisorias de Lolium multiflorum L. En el distrito de Chachapoyas* [Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas].

<https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/4332>

Soder, K. J., Brink, G. E., Raynor, E. J., & Casler, M. D. (2022). Relationship between Temperate Grass Sward Characteristics and the Grazing Behavior of Dairy Heifers. *Agronomy*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY12071584/S1>

Stein, H. H., Fuller, M. F., Moughan, P. J., Sève, B., Mosenthin, R., Jansman, A. J. M., Fernández, J. A., & de Lange, C. F. M. (2007). Definition of apparent, true, and standardized ileal digestibility of amino acids in pigs. *Livestock Science*, 109(1–3), 282–285. <https://doi.org/10.1016/J.LIVSCI.2007.01.019>

- Tarazona, A. M., Ceballos, M. C., Naranjo, J. F., & Cuartas, C. A. (2012). Factors affecting forage intake and selectivity in ruminants. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 473–487.
- Terán, P. J., Oliva Cabanillas, F., Gutierrez Arce Walter, Rojas Vásquez, Z., Gutierrez Arce, F., & Coronado León, J. (2022). Conducta de Pastoreo de vacas Fleckvieh alimentadas con Rye Grass-Trébol en Cutervo, Perú. *REVZA*, 1–9. <https://doi.org/1051252>
- The Pennsylvania State University. (2016). *FROM FEED TO MILK: UNDERSTANDING RUMEN FUNCTION CONTENTS*.
- Trindade, J. K. D., Neves, F. P., Pinto, C. E., Bremm, C., Mezzalira, J. C., Nadin, L. B., Genro, T. C. M., Gonda, H. L., & Carvalho, P. C. F. (2016). Daily Forage Intake by Cattle on Natural Grassland: Response to Forage Allowance and Sward Structure. *Rangeland Ecology & Management*, 69(1), 59–67. <https://doi.org/10.1016/J.RAMA.2015.10.002>
- Ungerfeld, E. M., Cancino-Padilla, N., & Vera-Aguilera, N. (2023). Fermentation in the rumen. *Microbial Fermentations in Nature and as Designed Processes*, 133–165. <https://doi.org/10.1002/9781119850007.CH4>
- Vallejos, F. L. A., Rojas Guevara, I. B., Perinango Gaitán, J. A., & Alcántara Mendoza, J. (2020). Vacas pastoreadas a estaca y su efecto sobre el consumo y condición de la pastura. *UCV-Scientia*, 11(1), 28–31. <https://doi.org/10.18050/ucv-scientia.v11i1.2400>
- Vallejos Fernández, L., Alvarez García, W., Paredes Arana, M., Odriozola, S. S., Guillén-Sanchez, R., Pinares Patiño, C., Bustíos Valdivia, J., & Tiellacuri, R. G. (2021). Comportamiento productivo y valor nutricional de siete genotipos de trébol en tres pisos altitudinales de la sierra norte del Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 32(1), 1–12. <https://doi.org/10.15381/RIVEP.V32I1.17690>
- Vallejos-Cacho, R., Vallejos-Fernández, L. A., Alvarez-García, W. Y., Tapia-Acosta, E. A., Saldanha-Odriozola, S., & Quilcate-Pairazaman, C. E. (2024). Sustainability of *Lolium multiflorum* L. ‘Cajamarquino Ecotype’, Associated with *Trifolium repens* L., at Three Cutting Frequencies in the Northern Highlands of Peru. *Sustainability (Switzerland)*, 16(16). <https://doi.org/10.3390/su16166927>
- Van Soest, P. J. . (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant* (Segunda Edición). Cornell University Press.
- Varga, G. (2023). *Digestibilidad in vivo de forrajes*. <https://extension.psu.edu/in-vivo-digestibility-of-forages>
- Villar, C. M., Cuellar Bautista, J., & Valentín Castañeda, S. (2014). *Valoración técnica, económica y ambiental de tres sistemas de silvopasturas, en la región Cajamarca*. Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/376>

ANEXOS

Tabla 1

Análisis de Varianza

| | Df | SC | MC | F | p valor |
|-------------|----|--------|--------|---------|-------------|
| Vaca | 2 | 1,749 | 0.875 | 7,653 | 0,00161** |
| Periodo | 2 | 0,39 | 0.196 | 1,711 | 0,19439 |
| Tratamiento | 2 | 24,068 | 12,034 | 105,286 | 3,18e-16*** |
| Residuo | 38 | 4,343 | 0,114 | | |

Tabla 2

Análisis de Varianza de la digestibilidad

| | Df | SC | MC | F | p valor |
|-------------|----|-------|--------|-------|---------|
| Tratamiento | 2 | 596,7 | 298,35 | 48,89 | 0.020* |
| Vaca | 2 | 7,5 | 3,77 | 0,617 | 0.618 |
| Periodo | 2 | 6,2 | 3,12 | 0,512 | 0.662 |
| Residuo | 2 | 12,2 | 6,10 | | |

Tabla 3

Análisis de Varianza del pH ruminal

| | Df | SC | MC | F | p valor |
|-------------|----|-------|--------|-------|------------|
| Vaca | 2 | 0,428 | 0,2139 | 2,670 | 0,07523 |
| Periodo | 2 | 1,079 | 0,5937 | 6,735 | 0,00195 ** |
| Tratamiento | 2 | 0,712 | 0,3560 | 4,42 | 0.01469 * |
| Residuo | 83 | 6,651 | 0,801 | | |

Tabla 4*Análisis de Varianza*

| | Df | SC | MC | F | p valor |
|---------|----|-------|--------|--------|--------------|
| Edad | 2 | 0,712 | 0,3560 | 10,207 | 0.000114 *** |
| Vaca | 2 | 0,428 | 0,2139 | 6,134 | 0.003341 ** |
| Periodo | 2 | 1,079 | 0,5397 | 15,473 | 2.14e-06 *** |
| Hora | 4 | 3,896 | 0,9740 | 27,925 | 1.84e-14 *** |
| Residuo | 79 | 2,755 | 0,0349 | | |

Prueba de Tukey consumo de materia seca

| Edad | Consumo de MS | Grupos |
|---------------|---------------|--------|
| Pasto 45 días | 14,38 | a |
| Pasto 35 días | 13,78 | b |
| Pasto 25 días | 12,61 | c |

Prueba de Tukey Digestibilidad

| Edad | DIV | Grupos |
|---------------|-------|--------|
| Pasto 25 días | 75,03 | a |
| Pasto 35 días | 66,05 | b |
| Pasto 45 días | 55,12 | c |

Prueba de Tukey pH ruminal

| Edad | pH | Grupos |
|---------------|------|--------|
| Pasto 25 días | 5.98 | a |
| Pasto 45 días | 5.97 | a |
| Pasto 35 días | 5.79 | c |

Prueba de Tukey pH ruminal durante el día

| Hora | pH | Grupos |
|-------|------|--------|
| 7:00 | 6.30 | a |
| 9:00 | 5,96 | b |
| 11:00 | 5.81 | bc |
| 13:00 | 5.75 | c |
| 15:00 | 5,75 | c |

| Edad | Consumo de materia seca | DIVMS | pH |
|---------------|-------------------------|-------|------|
| Pasto 45 días | 14,38 | 55,12 | 5.97 |
| Pasto 35 días | 13,78 | 66,05 | 5.79 |
| Pasto 25 días | 12,61 | 75,03 | 5.98 |

INFORME DE ANÁLISIS N°: LABNUT-2025-01

| ID Muestra | Humedad ¹ (%) | Cenizas ² (%) | Proteína cruda ³ (%) | FDN ⁴ (%) | FDA ⁵ (%) | DIV ⁶ (%) |
|------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1-25D | 6.00 | 11.96 | 20.53 | 43.06 | 22.86 | 73.63 |
| 2-25D | 5.76 | 11.11 | 22.07 | 40.89 | 22.97 | 74.95 |
| 3-25D | 5.63 | 12.79 | 22.30 | 41.47 | 23.69 | 76.51 |
| 1-35D | 5.39 | 11.97 | 18.18 | 49.40 | 27.00 | 64.62 |
| 2-35D | 5.40 | 10.84 | 15.57 | 45.48 | 25.79 | 69.33 |
| 3-35D | 5.85 | 12.39 | 18.02 | 50.71 | 27.63 | 64.19 |
| 1-45D | 6.13 | 12.61 | 12.88 | 56.84 | 32.00 | 54.42 |
| 2-45D | 5.80 | 12.58 | 14.17 | 55.59 | 32.17 | 53.91 |
| 3-45D | 5.53 | 13.51 | 12.33 | 57.50 | 32.81 | 57.02 |

Nombre del método:

1 Método nro. 934.01 - Gravimétrico por estufa (AOAC, 2019).

2 Método nro. 942.05 - Gravimétrico por incineración en mufla (AOAC, 2019).

3 Método nro. 2001.11 - Método Kjeldahl (AOAC, 2019).

4 Fibra detergente neutra: Método 6: Determinación de fibra detergente neutra (ANKOM, 2021).

5 Fibra detergente ácida: Método 5: Determinación de fibra detergente ácida. (ANKOM, 2021).

6 Digestibilidad *in-vitro*: Método 3: In Vitro True Digestibility using the DAISYII Incubator (ANKOM, 2005).