



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
TRABAJO DE TITULACIÓN – MODALIDAD PROYECTO
DE INVESTIGACIÓN.

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

Evaluación del valor nutritivo y la calidad fermentativa de ensilaje del pasto cuba 22 (*Pennisetum spp*) con diferentes aditivos naturales.

AÚTOR:

Eder Vicente Muñoz Zambrano

UNIDAD ACADÉMICA:

EXTENSIÓN CHONE

CARRERA:

INGENIERÍA AGROPECUARIA

TUTOR:

ING. JESÚS MACARIO FIGUEROA VÉLEZ MG.

CHONE-MANABÍ- ECUADOR

2026

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Jesús Macario Figueroa Vélez; docente de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Extensión Chone, en calidad de Tutor.

CERTIFICO:

Que el presente proyecto integrador con el título: "Evaluación del valor nutritivo y la calidad fermentativa de ensilaje del pasto cuba 22 (*Pennisetum spp*) con diferentes aditivos naturales." ha sido exhaustivamente revisado en varias sesiones de trabajo, está listo para su presentación y apto para su defensa.

Las opciones y conceptos vertidos en este documento son fruto de la perseverancia y originalidad de su autor: Eder Vicente Muñoz Zambrano.

Siendo de su exclusiva responsabilidad.



Ing. Jesús Macario Figueroa Vélez. Mg.

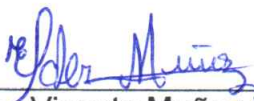
TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Quien suscribe la presente:

Sr. Eder Vicente Muñoz Zambrano

Estudiante de la Carrera de **Ingeniería Agropecuaria**, declaro bajo juramento que el presente proyecto integrador cuyo título: Evaluación del valor nutritivo y la calidad fermentativa de ensilaje del pasto cuba 22 (*Pennisetum spp*) con diferentes aditivos naturales, previo a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario, es de autoría propia y ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros y consultando las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



Sr. Eder Vicente Muñoz Zambrano
CI. 1313675751



APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto de investigación, titulado: Evaluación del valor nutritivo y la calidad fermentativa de ensilaje del pasto cuba 22 (*Pennisetum spp*) con diferentes aditivos naturales, de su autor: Eder Vicente Muñoz Zambrano de la Carrera “**Ingeniería Agropecuaria**”, y como Tutor del Trabajo el Ing. Jesús Macario Figueroa Vélez.

Lcda. Rocío Bermúdez Cevallos.

DECANA

Ing. Jesús Macario Figueroa Vélez.

TUTOR

Ing. Manuel García Moreira.

MIEMBRO TRIBUNAL

MIEMBRO TRIBUNAL

Lcda. Indira Zambrano Cedeño, Mg.

SECRETARIA

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por brindarme salud, fortaleza, sabiduría y la oportunidad de culminar esta importante etapa de mi formación profesional. Su guía ha sido fundamental para superar los desafíos presentados durante el desarrollo de esta investigación.

Expreso mi más sincero agradecimiento a mi familia por su apoyo incondicional, comprensión y confianza a lo largo de este proceso. Su motivación constante fue una fuente de inspiración para continuar trabajando y alcanzar las metas propuestas.

Mi reconocimiento y gratitud a los docentes de la carrera, quienes compartieron sus conocimientos y experiencias, contribuyendo significativamente a mi formación académica y profesional. De manera especial, agradezco a mi tutor de tesis por su orientación, recomendaciones y acompañamiento durante el desarrollo de este trabajo investigativo.

A mis compañeros, gracias por su apoyo, compañerismo y por los momentos compartidos durante este proceso académico. Su colaboración y amistad hicieron de este camino una experiencia más enriquecedora y significativa.

Agradezco también a los propietarios y colaboradores de la Hacienda La Conquista por facilitar el desarrollo de la investigación y brindar las condiciones necesarias para la ejecución de las actividades de campo.

Finalmente, extendiendo mi agradecimiento a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron al cumplimiento de este proyecto, ya sea con su apoyo, consejos o palabras de aliento. A todos ellos, mi más profunda gratitud.

Sr. Muñoz Zambrano Eder Vicente

DEDICATORIA

El camino para llegar hasta este momento no fue fácil, estuvo lleno de desafíos, sacrificios, momentos de incertidumbre y obstáculos que, en más de una ocasión, pusieron a prueba mi fortaleza. Sin embargo, cada experiencia vivida me permitió crecer como persona y reafirmar que, con perseverancia, esfuerzo y fe, es posible alcanzar las metas que un día parecían lejanas. Hoy, al culminar esta importante etapa de mi vida, miro hacia atrás con orgullo y gratitud por todo lo aprendido durante este recorrido.

Con todo mi amor y eterna gratitud quiero dedicar este trabajo a los pilares fundamentales de mi vida, quienes, con su amor, su fortaleza y su apoyo incondicional me dieron la fuerza para superar cada obstáculo y alcanzar este importante logro.

A mi madre, por ser el pilar fundamental de mi vida, gracias por tu amor incondicional, por cada sacrificio realizado, por tu apoyo constante y por darme la fortaleza para seguir adelante aun en los momentos más difíciles. Tu confianza, tus consejos y tus palabras de aliento han sido esenciales para alcanzar este logro. Esta meta también es tuya, porque sin tu esfuerzo, dedicación y amor, nada de esto habría sido posible.

Finalmente, dedico este trabajo a mi padre, mi ángel, quien, aunque ya no se encuentre físicamente a mi lado, permanece siempre presente en mi corazón. Su amor, sus enseñanzas y los valores que sembró en mi vida han sido la fuerza que me impulsó a no rendirme y a seguir adelante en los momentos más difíciles. Papá, sé que estás donde estás, compartes conmigo la alegría de este logro, que también te pertenece. Esta tesis es un homenaje a tu memoria y una forma de agradecerte por haber sido mi ejemplo e inspiración.

Con todo mi amor esta tesis es para mi padre, mi ángel.

Sr. Muñoz Zambrano Eder Vicente

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el valor nutritivo y la calidad fermentativa del ensilaje de pasto Cuba 22 mediante el uso de aditivos naturales, considerando su importancia en la alimentación de rumiantes en zonas tropicales. El problema principal radica en la baja calidad del ensilaje cuando no se emplean aditivos adecuados, lo que afecta directamente la conservación del forraje, disminuye su valor nutricional y limita el rendimiento productivo de los animales.

Para el desarrollo de la investigación, se aplicó un diseño experimental completamente al azar, en el cual se evaluaron cinco tratamientos: melaza, panela, suero lácteo, harina de yuca y un tratamiento testigo sin aditivo. Durante el proceso, se controlaron condiciones de fermentación anaeróbica para garantizar resultados confiables. Se analizaron variables importantes como materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro y pH, ya que estos indicadores permiten determinar la calidad nutricional y fermentativa del ensilaje.

Los resultados obtenidos demostraron que la melaza presentó el mejor comportamiento, evidenciando una fermentación más eficiente, con valores de pH más bajos y mayor contenido nutritivo en comparación con los demás tratamientos. La panela también mostró resultados favorables, aunque en menor proporción.

En conclusión, el uso de aditivos naturales mejora significativamente la calidad del ensilaje de pasto Cuba 22, siendo una alternativa viable, económica y eficiente para optimizar la alimentación animal en sistemas ganaderos tropicales.

PALABRAS CLAVES

ensilaje, Cuba 22, aditivos, fermentación, nutrición

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the nutritional value and fermentative quality of Cuba 22 grass silage through the use of natural additives, considering its importance in ruminant feeding in tropical regions. The main problem lies in the low quality of silage when appropriate additives are not used, which directly affects forage preservation, reduces its nutritional value, and limits animal productive performance.

For the development of the research, a completely randomized experimental design was applied, in which five treatments were evaluated: molasses, panela, whey, cassava flour, and a control treatment without additives. During the process, anaerobic fermentation conditions were controlled to ensure reliable results. Important variables such as dry matter, crude protein, neutral detergent fiber, and pH were analyzed, as these indicators allow the determination of the nutritional and fermentative quality of the silage.

The results obtained showed that molasses presented the best performance, demonstrating a more efficient fermentation, with lower pH values and higher nutritional content compared to the other treatments. Panela also showed favorable results, although to a lesser extent.

In conclusion, the use of natural additives significantly improves the quality of Cuba 22 grass silage, representing a viable, economical, and efficient alternative to optimize animal feeding in tropical livestock system.

KEYWORDS

Silage, additives, fermentation, nutrition

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	1
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	2
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	3
AGRADECIMIENTO	4
DEDICATORIA.....	5
RESUMEN	6
PALABRAS CLAVES.....	6
ABSTRACT	7
KEYWORDS	7
ÍNDICE	8
ÍNDICE DE ANEXOS.....	10
ÍNDICE DE TABLAS	11
INTRODUCCIÓN	12
Justificación académica	14
Justificación tecnológica	15
Objetivo general.....	15
Objetivos específicos	15
Objeto de estudio	16
Campo de acción	16
Hipótesis	16
Variable independiente	16
Variables dependientes	16
Calidad fermentativa	16
Diseño metodológico	17
Población	17
Muestra	18
Métodos empíricos.....	18
Técnicas.....	19
Métodos estadísticos	19
Resultados científicos esperados	19

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	21
Pasto Cuba 22 (<i>Pennisetum spp.</i>)	21
Taxonomía del pasto Cuba 22	21
1.1 Fundamentación teórica del primer componente: Valor nutritivo del ensilaje de pasto Cuba 22 (<i>Pennisetum spp.</i>)	22
1.2 Fundamentación teórica del segundo componente: Calidad fermentativa del ensilaje de pasto Cuba 22 con diferentes aditivos naturales	24
1.3 Datos de la institución donde se ejecutó el proyecto	27
1.4 Datos de lo que se había hecho hasta antes de ejecutar el proyecto planteado en el título	29
1.5 Trabajo relacionado ejecutado en otro continente	30
1.6 Trabajo relacionado ejecutado en otro país del continente americano...	30
1.7 Trabajo relacionado ejecutado en otra provincia del Ecuador	30
1.8 Trabajo relacionado ejecutado en otro cantón de Manabí	31
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y/O PRODUCTO ALCANZADO	39
CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
4.1. CONCLUSIONES	53
4.2. RECOMENDACIONES	54
BIBLIOGRAFÍA	55
ANEXOS	60

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Anexo 1. Ubicación geográfica	60
Anexo 2. Área establecida con el pasto cuba 22.....	60
Anexo 3. Cosecha del material forrajero.....	61
Anexo 4. Picado del pasto cuba 22.	61
Anexo 5. Incorporación de aditivos naturales.....	62
Anexo 6. Elaboración y compactación de silos.	62
Anexo 7. Sellado de silos.....	63
Anexo 8. Almacenamiento durante los 90 días de fermentación.	63
Anexo 9. Apertura de los silos durante los 30, 60 y 90 días de fermentación.	64
Anexo 10. Toma de muestras para los análisis bromatológicos.	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contenido de materia seca (%) del ensilaje del pasto Cuba 22 con diferentes aditivos naturales durante el período de fermentación.....	40
Tabla 2. Contenido de proteína cruda (%) del ensilaje del pasto Cuba 22 con diferentes aditivos naturales durante el período de fermentación.....	42
Tabla 3. Contenido de la fibra detergente neutro (FDN %) del ensilaje de pasto Cuba 22 con diferentes aditivos naturales durante el período de fermentación.	43
Tabla 4. Contenido de la fibra detergente ácido (FDA %) del ensilaje de pasto Cuba 22 con diferentes aditivos naturales durante el período de fermentación.	45
Tabla 5. Valor del pH del ensilaje de pasto Cuba 22 con diferentes aditivos naturales durante el período de fermentación.....	46
Tabla 6. Valores del Índice de Flieg (IF) del ensilaje de pasto Cuba 22 con diferentes aditivos naturales durante el período de fermentación.....	48
Tabla 7. Clasificación de la calidad fermentativa del ensilaje según el Índice de Flieg a los 90 días de fermentación.....	49

INTRODUCCIÓN

La alimentación constituye uno de los factores de mayor influencia sobre la productividad de los sistemas ganaderos, debido a que el suministro adecuado de nutrientes determina el crecimiento, la reproducción y el rendimiento de los animales. En las regiones tropicales, la base alimenticia de los rumiantes está representada principalmente por gramíneas forrajeras; sin embargo, la producción de biomasa presenta una marcada variación estacional asociada a las condiciones climáticas. Según Li et al. (2019), durante las épocas de menor crecimiento vegetal se produce una disminución en la disponibilidad de forraje, situación que limita la producción animal y compromete la calidad de los alimentos ofrecidos al ganado. Asimismo, la FAO (2018) señala que la estacionalidad en la producción forrajera constituye una de las principales restricciones para los sistemas pecuarios tropicales, por lo que resulta necesario implementar estrategias que permitan conservar el excedente de biomasa generado durante los períodos de abundancia y garantizar una oferta alimenticia estable a lo largo del año.

La conservación de forrajes constituye una estrategia fundamental para reducir los efectos de la estacionalidad sobre la disponibilidad de alimento en los sistemas ganaderos tropicales. Entre las diferentes alternativas de conservación, el ensilaje es uno de los métodos más utilizados debido a su capacidad para preservar el valor nutritivo del material vegetal mediante un proceso de fermentación anaeróbica controlada. De acuerdo con McDonald et al. (2011), durante este proceso las bacterias ácido-lácticas transforman los carbohidratos solubles en ácidos orgánicos, principalmente ácido láctico, provocando una disminución del pH que inhibe el desarrollo de microorganismos indeseables y favorece la estabilidad del forraje almacenado. Por su parte, Kung et al. (2018) señalan que la calidad del ensilaje depende de factores como el contenido de materia seca, la concentración de carbohidratos fermentables y la eficiencia de la fermentación, los cuales influyen directamente sobre la conservación de nutrientes y el valor alimenticio del producto final.

Entre las gramíneas forrajeras utilizadas en los sistemas ganaderos tropicales, el pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* × *Pennisetum glaucum*) se distingue por su elevada producción de biomasa, rápida capacidad de rebrote y adaptación a diferentes condiciones agroecológicas. Estas características permiten obtener altos rendimientos de materia verde y materia seca por unidad de superficie, convirtiéndolo en una alternativa importante para la alimentación de rumiantes y la elaboración de reservas forrajeras. Según Cerdas-Ramírez et al. (2021), el pasto Cuba OM-22 presenta una alta capacidad productiva cuando se maneja bajo adecuados programas de fertilización y corte. Asimismo, Barén y Centeno (2017) reportaron que esta gramínea posee niveles de proteína cruda que pueden variar entre 8 y 16 % dependiendo de la edad de cosecha, mientras que los contenidos de fibra aumentan conforme avanza la madurez fisiológica de la planta. Estas características influyen directamente en la calidad nutricional del material destinado a la elaboración de ensilajes.

Con el propósito de mejorar la eficiencia del proceso de ensilaje, diversos estudios han evaluado la incorporación de aditivos que favorecen el desarrollo de bacterias ácido-lácticas y optimizan la conservación de nutrientes. Entre los aditivos más utilizados se encuentran la melaza, los derivados de la caña de azúcar, el suero lácteo y las fuentes de almidón, debido a su capacidad para aportar carbohidratos fermentables que sirven como sustrato energético para los microorganismos responsables de la fermentación. De acuerdo con McDonald et al. (2011), la disponibilidad de azúcares solubles favorece una rápida producción de ácido láctico y una disminución eficiente del pH, condiciones necesarias para inhibir el crecimiento de microorganismos perjudiciales. Por su parte, Bureenok et al. (2012) reportaron que la adición de fuentes energéticas en ensilajes de gramíneas tropicales contribuye a mejorar las características fermentativas y a reducir las pérdidas de nutrientes durante el almacenamiento. En consecuencia, la utilización de aditivos representa una alternativa tecnológica para incrementar la calidad nutricional y la estabilidad del ensilaje en sistemas de producción animal.

A pesar de los avances reportados en la conservación de forrajes tropicales mediante ensilaje, aún existe información limitada sobre el efecto de diferentes aditivos orgánicos en la calidad bromatológica y fermentativa del ensilaje elaborado con pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* × *Pennisetum glaucum*). Diversos estudios han demostrado la efectividad de fuentes energéticas y fermentables para mejorar la conservación de nutrientes; sin embargo, la respuesta del material ensilado puede variar en función del tipo de aditivo empleado, las características propias del forraje y el tiempo de fermentación (Kung et al., 2018). En este sentido, resulta necesario evaluar el comportamiento de indicadores como materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y pH en ensilajes de pasto Cuba 22 tratados con melaza al 5 %, panela disuelta al 5 %, suero lácteo al 5 % y harina de yuca al 3 %, comparándolos con un tratamiento testigo sin aditivos. La generación de esta información permitirá fortalecer el conocimiento científico relacionado con la conservación de forrajes tropicales y contribuirá a la identificación de alternativas que favorezcan una alimentación más eficiente en los sistemas ganaderos.

Justificación académica

La conservación de forrajes tropicales mediante ensilaje, específicamente en el pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* × *Pennisetum glaucum*). El estudio permite evaluar el efecto de diferentes aditivos orgánicos sobre la calidad bromatológica y fermentativa del ensilaje, mediante la determinación de materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y pH. Según Kung et al. (2018), estos indicadores constituyen parámetros fundamentales para valorar la calidad nutricional y la eficiencia del proceso fermentativo. En este sentido, la investigación aporta información técnica que fortalece los conocimientos relacionados con la nutrición animal y la conservación de forrajes, además de servir como referencia para futuras investigaciones en el área de producción pecuaria.

Justificación tecnológica

Evalúa alternativas de aditivos orgánicos para mejorar la calidad bromatológica y fermentativa del ensilaje de pasto Cuba OM-22. De acuerdo con McDonald et al. (2011), el uso de fuentes de carbohidratos fermentables favorece el desarrollo de bacterias ácido-lácticas y contribuye a una adecuada conservación del forraje. En este contexto, la evaluación de melaza, panela disuelta, suero lácteo y harina de yuca permitirá identificar estrategias que optimicen el proceso de ensilaje y favorezcan el aprovechamiento eficiente de los recursos forrajeros en los sistemas ganaderos tropicales.

Objetivo general

Evaluar el efecto de la melaza al 5 %, panela disuelta al 5 %, suero lácteo al 5 % y harina de yuca al 3 % sobre la calidad bromatológica y fermentativa del ensilaje de pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* × *Pennisetum glaucum*) durante diferentes períodos de fermentación.

Objetivos específicos

- Determinar el contenido de materia seca (MS) y proteína cruda (PC) del ensilaje de pasto Cuba OM-22 elaborado con diferentes aditivos orgánicos durante los períodos de fermentación establecidos.
- Evaluar el comportamiento de la fibra detergente neutro (FDN) y la fibra detergente ácido (FDA) en los tratamientos experimentales durante el proceso de fermentación.
- Determinar el potencial de hidrógeno (pH) del ensilaje de pasto Cuba OM-22 en los diferentes tratamientos y períodos de evaluación.
- Comparar la calidad bromatológica y fermentativa de los tratamientos con aditivos respecto al tratamiento testigo sin aditivos.

Objeto de estudio

El proceso de conservación de forrajes mediante ensilaje de pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* × *Pennisetum glaucum*).

Campo de acción

La calidad bromatológica y fermentativa del ensilaje de pasto Cuba OM-22 elaborado con diferentes aditivos orgánicos.

Hipótesis

La incorporación de melaza al 5 %, panela disuelta al 5 %, suero lácteo al 5 % y harina de yuca al 3 % mejora la calidad bromatológica y fermentativa del ensilaje de pasto Cuba OM-22, evidenciándose diferencias en los contenidos de materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y pH con respecto al tratamiento testigo sin aditivos.

Variable independiente

Aplicación de aditivos en el ensilaje de pasto Cuba OM-22:

- T0: Testigo (sin aditivo).
- T1: Melaza al 5 %.
- T2: Panela disuelta al 5 %.
- T3: Suero lácteo al 5 %.
- T4: Harina de yuca al 3 %.

Variables dependientes

Calidad bromatológica.

- Materia seca (MS).
- Proteína cruda (PC).
- Fibra detergente neutro (FDN).
- Fibra detergente ácido (FDA).

Calidad fermentativa

- Potencial de hidrógeno (pH).

Diseño metodológico

La presente investigación tendrá un enfoque cuantitativo y de tipo experimental, debido a que permitirá evaluar el efecto de diferentes aditivos naturales sobre la calidad bromatológica y fermentativa del ensilaje de pasto Cuba 22 (*Pennisetum spp.*). El estudio se desarrollará mediante la aplicación de tratamientos específicos y la medición de variables relacionadas con la conservación de nutrientes y la fermentación del material ensilado.

Se empleará un Diseño Completamente al Azar (DCA), integrado por cinco tratamientos: T0 (testigo sin aditivo), T1 (melaza al 5 %), T2 (panela disuelta al 5 %), T3 (suero lácteo al 5 %) y T4 (harina de yuca al 3 %). Cada tratamiento contará con tres repeticiones experimentales, para un total de quince unidades experimentales.

El proceso de fermentación tendrá una duración de 90 días. Las evaluaciones se realizarán a los 30, 60 y 90 días de fermentación, períodos en los cuales se tomarán muestras representativas de cada tratamiento para su posterior análisis en laboratorio. Las variables evaluadas serán materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y potencial de hidrógeno (pH).

Los resultados obtenidos permitirán determinar el efecto de los aditivos naturales sobre la calidad nutricional y fermentativa del ensilaje de pasto Cuba 22, así como identificar la alternativa más eficiente para su utilización en sistemas ganaderos de producción lechera.

Población

La población de estudio estará constituida por el conjunto de unidades experimentales elaboradas con ensilaje de pasto Cuba 22 (*Pennisetum spp.*) sometidas a diferentes tratamientos con aditivos naturales. Estas unidades experimentales serán preparadas bajo condiciones homogéneas de manejo, fermentación y almacenamiento durante el período de evaluación establecido para la investigación.

La población incluirá los tratamientos conformados por melaza al 5 %, panela disuelta al 5 %, suero lácteo al 5 %, harina de yuca al 3 % y un tratamiento testigo sin adición de aditivos, destinados a evaluar su efecto sobre el valor nutritivo y la calidad fermentativa del ensilaje.

Muestra

La muestra estará conformada por las unidades experimentales seleccionadas para la evaluación del valor nutritivo y la calidad fermentativa del ensilaje de pasto Cuba 22 (*Pennisetum spp.*). Para el desarrollo de la investigación se utilizarán cinco tratamientos: testigo sin aditivo, melaza al 5 %, panela disuelta al 5 %, suero lácteo al 5 % y harina de yuca al 3 %, cada uno con tres repeticiones, totalizando quince unidades experimentales.

Durante el período de fermentación se realizarán muestreos a los 30, 60 y 90 días, obteniéndose muestras representativas de cada tratamiento para su análisis en laboratorio. Los resultados obtenidos permitirán evaluar el comportamiento de los diferentes aditivos naturales sobre las características nutricionales y fermentativas del ensilaje.

Métodos empíricos

- Observación científica: permitirá monitorear el proceso de elaboración y conservación del ensilaje durante los períodos de fermentación.
- Medición directa: se empleará para registrar los valores correspondientes a materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y pH.
- Análisis de laboratorio: permitirá determinar la composición bromatológica y la calidad fermentativa de las muestras obtenidas en cada período de evaluación.

Técnicas

- Muestreo: se realizará a los 30, 60 y 90 días de fermentación en cada tratamiento experimental.
- Análisis bromatológico: se utilizará para determinar materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido.
- Determinación de pH: se efectuará mediante potenciómetro digital para evaluar la estabilidad fermentativa del ensilaje.

Métodos estadísticos

Los datos obtenidos de los análisis bromatológicos y fermentativos serán procesados mediante estadística descriptiva, utilizando medidas de tendencia central y dispersión para resumir la información obtenida en cada tratamiento. Posteriormente, se realizará un análisis de varianza (ANOVA) para determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

Cuando se detecten diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$), se aplicará una prueba de comparación de medias para identificar los tratamientos que presenten los mejores resultados en las variables estudiadas. El procesamiento y análisis de los datos se realizará mediante un software estadístico apropiado para investigaciones experimentales.

Resultados científicos esperados

Se espera generar información sobre el efecto de diferentes aditivos orgánicos en la calidad bromatológica y fermentativa del ensilaje de pasto Cuba OM-22, identificando la alternativa con mejor comportamiento en materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y pH durante los diferentes períodos de fermentación.

Capítulo I aborda aspectos relacionados con el proceso de ensilaje, las características agronómicas y nutricionales del pasto Cuba 22 (*Pennisetum purpureum* × *Pennisetum glaucum*), el uso de aditivos naturales en la conservación de forrajes y las principales variables evaluadas en el estudio. Además, se presentan antecedentes de investigaciones relacionadas con la temática y la información correspondiente a la unidad productiva donde se desarrolló la investigación.

Capítulo II describe la metodología empleada para el desarrollo del estudio, incluyendo la ubicación de la investigación, los materiales y equipos utilizados, los tratamientos experimentales, el diseño experimental, el procedimiento para la elaboración de los ensilajes, los análisis bromatológicos y fermentativos realizados, así como las variables evaluadas y el análisis estadístico aplicado para la interpretación de los resultados.

Capítulo III presenta los resultados obtenidos durante la evaluación del ensilaje de pasto Cuba 22 elaborado con diferentes aditivos naturales. En este capítulo se exponen e interpretan los resultados correspondientes a las variables nutricionales y fermentativas evaluadas, incluyendo materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, potencial de hidrógeno e Índice de Flieg. Asimismo, se realiza la discusión de los resultados obtenidos y se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

Pasto Cuba 22 (*Pennisetum spp.*)

El pasto Cuba 22 (*Pennisetum spp.*) es una gramínea forrajera de origen tropical ampliamente utilizada en la alimentación de rumiantes debido a su elevada producción de biomasa, rápida capacidad de rebrote y adaptación a diferentes condiciones climáticas. Esta especie se caracteriza por presentar buena producción de materia verde y un adecuado valor nutritivo cuando es aprovechada en edades de corte apropiadas.

Su importancia en los sistemas ganaderos radica en su capacidad para producir grandes volúmenes de forraje durante gran parte del año, lo que permite garantizar la disponibilidad de alimento para el ganado. Además, puede ser utilizado tanto en pastoreo como en sistemas de corte y acarreo, así como en la elaboración de ensilajes destinados a la conservación de forrajes para épocas de escasez (Herrera, 2015; FAO, 2018).

Taxonomía del pasto Cuba 22

La clasificación taxonómica del pasto Cuba 22 es la siguiente:

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Liliopsida
- Orden: Poales
- Familia: Poaceae
- Género: *Pennisetum*
- Especie: *Pennisetum spp.*
- Nombre común: Pasto Cuba 22

El pasto Cuba 22 pertenece a la familia Poaceae, grupo que incluye las principales gramíneas utilizadas en la alimentación animal. Se caracteriza por su elevado potencial productivo y por su adaptación a las condiciones tropicales, razón por la cual es ampliamente utilizado en sistemas ganaderos de América Latina (Machado, 2010).

1.1 Fundamentación teórica del primer componente: Valor nutritivo del ensilaje de pasto Cuba 22 (*Pennisetum spp.*)

El valor nutritivo de los forrajes representa uno de los principales indicadores utilizados para determinar su potencial como fuente de alimento para los rumiantes. Este concepto comprende la capacidad que posee un recurso forrajero para aportar nutrientes que puedan ser consumidos, digeridos y aprovechados eficientemente por los animales. De acuerdo con Van Soest (1994), la calidad nutricional de un forraje está estrechamente relacionada con su composición química y con la proporción de componentes estructurales presentes en los tejidos vegetales, los cuales influyen directamente sobre la digestibilidad y el consumo voluntario. En consecuencia, la evaluación del valor nutritivo constituye una herramienta fundamental para optimizar los sistemas de alimentación animal y mejorar los niveles de producción en explotaciones ganaderas.

Dentro de las gramíneas tropicales utilizadas en la alimentación de bovinos, el pasto Cuba 22 (*Pennisetum spp.*) ha adquirido importancia debido a su elevada producción de biomasa y a su adaptación a diversas condiciones agroclimáticas. Diversos estudios han demostrado que esta especie presenta características favorables para la alimentación animal, especialmente en regiones tropicales donde la disponibilidad de forraje puede variar considerablemente a lo largo del año. Morocho et al. (2023) señalan que el pasto Cuba 22 posee un importante potencial forrajero, debido a su capacidad de producir grandes cantidades de materia verde y mantener niveles nutricionales aceptables cuando es cosechado en edades adecuadas. Estas características han favorecido su incorporación en sistemas ganaderos orientados tanto a la producción de leche como de carne.

La conservación de forrajes mediante ensilaje constituye una de las estrategias más utilizadas para garantizar la disponibilidad de alimento durante épocas de escasez. Según McDonald et al. (2011), el ensilaje es un proceso de conservación basado en la fermentación anaeróbica de la biomasa vegetal, cuyo objetivo principal es preservar la mayor cantidad posible de nutrientes durante el almacenamiento. La eficiencia de este proceso influye directamente sobre el

valor nutritivo final del material conservado, ya que una fermentación inadecuada puede ocasionar pérdidas de nutrientes y disminuir la calidad del alimento destinado a los animales. Por esta razón, la evaluación del valor nutritivo de los ensilajes constituye un aspecto esencial para determinar su utilización en programas de alimentación bovina.

Entre los parámetros más utilizados para evaluar el valor nutritivo de los ensilajes se encuentra la materia seca, debido a que permite determinar la proporción real de nutrientes presentes en el alimento una vez eliminado el contenido de agua. McDonald et al. (2011) indican que este parámetro es fundamental para interpretar adecuadamente la composición química de los forrajes conservados y establecer comparaciones entre diferentes tratamientos. Asimismo, la materia seca influye sobre la calidad del proceso fermentativo, ya que contenidos excesivamente bajos pueden favorecer fermentaciones indeseables y aumentar las pérdidas durante el almacenamiento.

Otro componente de gran importancia es la proteína cruda, considerada uno de los nutrientes esenciales para el crecimiento, mantenimiento y producción de los animales. Van Soest (1994) sostiene que la proteína constituye un elemento indispensable para el desarrollo del microbiota ruminal, la cual participa activamente en la degradación de los alimentos consumidos por los rumiantes. En este sentido, la determinación del contenido proteico permite estimar el aporte nutricional del ensilaje y evaluar su capacidad para satisfacer los requerimientos alimenticios del ganado bovino.

Además de la proteína, las fracciones fibrosas desempeñan un papel importante en la valoración nutricional de los forrajes. Mertens (1997) establece que la fibra detergente neutro (FDN) se relaciona directamente con el consumo potencial de alimento, mientras que la fibra detergente ácido (FDA) constituye un indicador de la digestibilidad del material vegetal. A medida que aumenta la concentración de estos componentes estructurales, suele disminuir la capacidad de aprovechamiento de los nutrientes por parte de los animales. Por esta razón, la determinación de FDN y FDA es ampliamente utilizada en estudios orientados a

evaluar la calidad nutricional de gramíneas tropicales destinadas a la elaboración de ensilajes.

En gramíneas como el pasto Cuba 22, la composición nutricional puede variar en función de factores como la edad de corte, las condiciones ambientales, el manejo agronómico y los métodos de conservación empleados. Investigaciones desarrolladas en sistemas tropicales han demostrado que estos factores influyen significativamente sobre los contenidos de materia seca, proteína y fibra presentes en el forraje, modificando su valor nutritivo y su potencial de utilización en la alimentación animal. Por ello, resulta necesario evaluar permanentemente la calidad nutricional de los ensilajes obtenidos a partir de esta especie forrajera, especialmente cuando se emplean diferentes estrategias de conservación.

Con base en los planteamientos de Van Soest (1994), McDonald et al. (2011), Mertens (1997) y Morocho et al. (2023), se asume que el valor nutritivo del ensilaje de pasto Cuba 22 puede ser evaluado mediante indicadores bromatológicos que reflejen la disponibilidad y el aprovechamiento de nutrientes por parte de los animales. En consecuencia, la materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido constituyen parámetros apropiados para determinar el efecto de los diferentes aditivos naturales sobre la calidad nutricional del ensilaje objeto de estudio.

1.2 Fundamentación teórica del segundo componente: Calidad fermentativa del ensilaje de pasto Cuba 22 con diferentes aditivos naturales

La calidad fermentativa constituye uno de los principales criterios utilizados para evaluar la eficiencia del proceso de ensilaje, ya que determina la capacidad del forraje para conservar sus características nutricionales durante períodos prolongados de almacenamiento. El ensilaje es una técnica de conservación basada en la fermentación anaeróbica de los carbohidratos solubles presentes en las plantas forrajeras, proceso que permite la producción de ácidos orgánicos, principalmente ácido láctico, responsables de disminuir el pH y crear un ambiente desfavorable para el desarrollo de microorganismos que deterioran el alimento. Según McDonald et al. (2011), el éxito del ensilaje depende de la rapidez con que se establecen las condiciones anaeróbicas y de la eficiencia con la que las

bacterias ácido-lácticas transforman los azúcares disponibles en productos de fermentación estables.

Durante el proceso fermentativo ocurren una serie de transformaciones bioquímicas que influyen directamente sobre la conservación del material ensilado. Una fermentación adecuada permite preservar una mayor proporción de nutrientes, mientras que fermentaciones deficientes pueden ocasionar pérdidas importantes de materia seca, energía y proteína. Kung et al. (2018) señalan que la calidad fermentativa puede ser evaluada mediante indicadores como el pH, la producción de ácidos orgánicos y la estabilidad del material almacenado. Estos parámetros permiten determinar el grado de conservación alcanzado y estimar el potencial nutritivo del ensilaje destinado a la alimentación animal.

Entre los indicadores más utilizados para evaluar la calidad fermentativa destaca el pH, considerado un parámetro fundamental para determinar la estabilidad del ensilaje. De acuerdo con Kung et al. (2018), una rápida disminución del pH durante las primeras etapas de fermentación favorece el control de microorganismos indeseables y contribuye a la conservación de los nutrientes presentes en el forraje. Valores adecuados de pH reflejan una fermentación eficiente y una mayor probabilidad de obtener un producto de buena calidad. Por esta razón, la medición de este parámetro es una práctica habitual en investigaciones relacionadas con la conservación de forrajes tropicales.

Las gramíneas tropicales presentan características particulares que pueden dificultar el proceso de ensilaje. McDonald et al. (2011) indican que muchas especies forrajeras tropicales poseen elevados contenidos de humedad y concentraciones relativamente bajas de carbohidratos solubles, factores que limitan el desarrollo de una fermentación láctica eficiente. Como consecuencia, el uso de aditivos se ha convertido en una alternativa ampliamente utilizada para mejorar las condiciones fermentativas y favorecer la conservación de los nutrientes durante el almacenamiento.

Los aditivos empleados en la elaboración de ensilajes tienen como finalidad mejorar el ambiente fermentativo y aumentar la eficiencia del proceso de

conservación. Muck et al. (2018) sostienen que estos productos pueden actuar proporcionando microorganismos benéficos, absorbiendo humedad o aportando sustratos energéticos que favorecen el crecimiento de las bacterias ácido-lácticas. Cuando los aditivos son capaces de incrementar la disponibilidad de azúcares fermentables, se facilita la producción de ácido láctico y se acelera la reducción del pH, mejorando la calidad final del ensilaje.

Entre los aditivos naturales utilizados en sistemas ganaderos tropicales se encuentra la melaza, un subproducto de la industria azucarera caracterizado por su elevado contenido de azúcares solubles. Diversos estudios han demostrado que la incorporación de melaza favorece la fermentación láctica al proporcionar una fuente inmediata de energía para las bacterias responsables del proceso fermentativo. Bureenok et al. (2012) reportaron que los ensilajes elaborados con aditivos ricos en carbohidratos presentaron mejores características fermentativas y menores pérdidas de nutrientes en comparación con tratamientos sin aditivos.

La panela disuelta constituye otra alternativa utilizada como fuente de carbohidratos fermentables en la elaboración de ensilajes. Debido a su composición rica en sacarosa y otros azúcares simples, puede favorecer el desarrollo de microorganismos benéficos durante las primeras etapas de fermentación. Aunque su empleo ha sido menos estudiado que la melaza, diversos autores coinciden en que los productos derivados de la caña de azúcar representan una fuente energética capaz de mejorar la calidad fermentativa de los forrajes conservados bajo condiciones anaeróbicas.

Por otra parte, el suero lácteo ha despertado interés como aditivo natural debido a la presencia de lactosa y microorganismos asociados a procesos lácticos. Según investigaciones relacionadas con la conservación de forrajes, este subproducto puede contribuir al establecimiento de condiciones favorables para la fermentación, además de representar una alternativa de aprovechamiento de residuos agroindustriales. Su utilización en ensilajes responde al interés de desarrollar tecnologías de bajo costo que permitan mejorar la calidad del alimento destinado a los animales.

La harina de yuca también ha sido considerada una opción viable para la elaboración de ensilajes, debido a su elevado contenido de almidón y carbohidratos fácilmente fermentables. Estos compuestos pueden servir como fuente de energía para las bacterias ácido-lácticas y favorecer una fermentación más eficiente. En regiones tropicales donde la yuca constituye un cultivo ampliamente disponible, este recurso representa una alternativa potencial para mejorar la conservación de gramíneas forrajeras utilizadas en la alimentación bovina.

En gramíneas tropicales como el pasto Cuba 22 (*Pennisetum spp.*), la evaluación de diferentes aditivos naturales resulta de gran importancia, debido a que permite identificar estrategias capaces de optimizar el proceso fermentativo y mejorar la calidad del ensilaje. La determinación de parámetros como el pH proporciona información valiosa sobre la eficiencia de la fermentación y la capacidad de conservación del material ensilado. En este contexto, el estudio de la melaza, panela disuelta, suero lácteo y harina de yuca como aditivos naturales contribuye al desarrollo de alternativas tecnológicas orientadas a fortalecer los sistemas de producción bovina y garantizar una alimentación de calidad durante todo el año.

1.3 Datos de la institución donde se ejecutó el proyecto

La presente investigación se desarrolla en la Hacienda La Conquista, ubicada en el cantón San Vicente, provincia de Manabí, Ecuador. Esta unidad productiva se dedica principalmente a la explotación ganadera bovina con orientación hacia la producción lechera, actividad que constituye una importante fuente de ingresos para la empresa. Asimismo, la hacienda realiza actividades relacionadas con el establecimiento y manejo de pasturas destinadas a la alimentación del ganado, así como la elaboración de ensilajes para garantizar la disponibilidad de forraje durante las épocas de menor producción.

La producción lechera requiere la implementación de estrategias alimenticias que permitan suministrar nutrientes de manera continua y equilibrada a los animales. Según Van Soest (1994), la calidad y disponibilidad de los recursos forrajeros influyen directamente sobre el consumo voluntario, la digestibilidad de los nutrientes y los niveles de producción animal. En este sentido, las

explotaciones ganaderas deben adoptar alternativas de conservación de forrajes que permitan mantener una adecuada alimentación durante todo el año.

Dentro de las especies forrajeras utilizadas en la hacienda se encuentra el pasto Cuba 22 (*Pennisetum spp.*), gramínea ampliamente difundida en sistemas ganaderos tropicales debido a su elevada producción de biomasa y buena adaptación a diferentes condiciones ambientales. Morocho et al. (2023) señalan que esta especie presenta un importante potencial forrajero para la alimentación de rumiantes, debido a su capacidad de producir grandes cantidades de materia verde y mantener características nutricionales favorables cuando es manejada adecuadamente.

Para el desarrollo de la investigación se dispone de una superficie aproximada de 2.500 m² establecida con pasto Cuba 22, la cual constituye la fuente de materia prima para la elaboración de los ensilajes evaluados. La selección de esta especie responde a su importancia dentro de los sistemas ganaderos de la región y a la necesidad de generar información que contribuya a mejorar las prácticas de conservación y aprovechamiento de los recursos forrajeros disponibles.

Las condiciones climáticas predominantes en el cantón San Vicente favorecen el crecimiento de gramíneas tropicales; sin embargo, la disponibilidad de forraje puede verse afectada por la variabilidad de las precipitaciones a lo largo del año. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2018), la conservación de forrajes mediante ensilaje constituye una estrategia fundamental para reducir los efectos de la estacionalidad sobre la alimentación animal y garantizar el suministro de nutrientes durante períodos de escasez.

En este contexto, la Hacienda La Conquista representa un escenario adecuado para la ejecución de la presente investigación, debido a que combina actividades de producción lechera con el manejo de recursos forrajeros tropicales. La evaluación del valor nutritivo y la calidad fermentativa del ensilaje de pasto Cuba 22 utilizando diferentes aditivos naturales permitirá generar información aplicable

a la propia unidad productiva y a otros sistemas ganaderos con características similares en la provincia de Manabí.

1.4 Datos de lo que se había hecho hasta antes de ejecutar el proyecto planteado en el título

Antes de la ejecución de la presente investigación, en la Hacienda La Conquista se realizaban actividades de conservación de forrajes mediante la elaboración de ensilajes destinados a la alimentación del ganado bovino de producción lechera. Sin embargo, estos procesos se desarrollaban de manera tradicional, sin una evaluación técnica que permitiera determinar el valor nutritivo ni la calidad fermentativa del material conservado.

El pasto Cuba 22 (*Pennisetum spp.*) constituye una de las principales especies forrajeras utilizadas en la unidad productiva debido a su alta producción de biomasa y disponibilidad durante gran parte del año. No obstante, la elaboración de ensilajes se realizaba sin comparar el efecto de diferentes aditivos naturales que pudieran mejorar el proceso fermentativo y la conservación de nutrientes.

Hasta el momento del desarrollo de esta investigación, no se disponía de información específica sobre el comportamiento del ensilaje de pasto Cuba 22 elaborado con melaza, panela disuelta, suero lácteo y harina de yuca bajo las condiciones propias de la Hacienda La Conquista. Asimismo, no se habían realizado análisis bromatológicos que permitieran determinar diferencias entre tratamientos en variables como materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido.

De igual manera, no existían registros relacionados con la influencia de estos aditivos sobre parámetros asociados a la calidad fermentativa, especialmente el pH del ensilaje. Esta situación limitaba la posibilidad de seleccionar alternativas que permitieran optimizar la conservación del forraje y mejorar la alimentación del ganado lechero.

Ante esta necesidad, surge la presente investigación con el propósito de generar información técnica que contribuya a la identificación de aditivos naturales capaces de mejorar el valor nutritivo y la calidad fermentativa del ensilaje de

pasto Cuba 22. Los resultados obtenidos servirán como base para fortalecer las prácticas de conservación de forrajes en la Hacienda La Conquista y podrán ser considerados como referencia para otros sistemas ganaderos con características similares en la provincia de Manabí.

1.5 Trabajo relacionado ejecutado en otro continente

Bureenok et al. (2012), en Tailandia, evaluaron el efecto de diferentes aditivos sobre la calidad fermentativa y el valor nutritivo del ensilaje de pasto Napier (*Pennisetum purpureum*). Los autores determinaron que la incorporación de aditivos ricos en carbohidratos mejoró la fermentación, redujo las pérdidas de nutrientes y favoreció la digestibilidad del material conservado. Estos resultados evidencian la importancia del uso de aditivos para optimizar la calidad de los ensilajes elaborados con gramíneas tropicales, aspecto que guarda relación con la presente investigación.

1.6 Trabajo relacionado ejecutado en otro país del continente americano

Oliveira et al. (2017), en Brasil, realizaron un estudio para evaluar el efecto de diferentes aditivos e inoculantes sobre la fermentación y conservación de ensilajes destinados a la alimentación animal. Los autores concluyeron que el uso de aditivos favoreció la producción de ácido láctico, mejoró la estabilidad fermentativa y contribuyó a una mejor conservación de los nutrientes durante el almacenamiento. Estos resultados demuestran la importancia de utilizar aditivos para optimizar la calidad de los ensilajes, aspecto que coincide con los objetivos planteados en la presente investigación.

1.7 Trabajo relacionado ejecutado en otra provincia del Ecuador

Moreira-Macías et al. (2025), en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, evaluaron el efecto de diferentes aditivos sobre la calidad bromatológica de ensilajes elaborados con pasto Cuba 22 (*Pennisetum spp.*) y botón de oro (*Tithonia diversifolia*). Los resultados mostraron mejoras en parámetros nutricionales como el contenido de proteína y la conservación de nutrientes cuando se utilizaron aditivos durante el proceso de ensilaje. Los autores concluyeron que la incorporación de aditivos constituye una alternativa viable

para optimizar la calidad nutricional de los ensilajes elaborados con gramíneas tropicales, resultados que guardan relación con los objetivos de la presente investigación.

1.8 Trabajo relacionado ejecutado en otro cantón de Manabí

Durante la revisión de la literatura científica y académica relacionada con la evaluación del valor nutritivo y la calidad fermentativa del ensilaje de pasto Cuba 22 (*Pennisetum spp.*) utilizando diferentes aditivos naturales, se identificaron investigaciones desarrolladas a nivel internacional, en otros países de América y en distintas provincias del Ecuador. Sin embargo, no se encontraron estudios publicados que abordaran específicamente esta temática en otros cantones de la provincia de Manabí.

La información disponible en la literatura revisada evidencia que las investigaciones relacionadas con ensilajes de gramíneas tropicales en la provincia han estado orientadas principalmente a la evaluación agronómica de los cultivos forrajeros, la producción de biomasa y algunos aspectos de la alimentación animal. No obstante, los estudios enfocados en la evaluación simultánea del valor nutritivo y la calidad fermentativa del ensilaje de pasto Cuba 22 mediante el uso de diferentes aditivos naturales son limitados o inexistentes a nivel cantonal dentro de la provincia.

Esta situación pone de manifiesto la necesidad de generar información científica local que permita comprender el comportamiento de los ensilajes elaborados bajo las condiciones agroclimáticas de Manabí. En este contexto, la presente investigación constituye un aporte relevante, ya que permitirá obtener evidencia técnica sobre el efecto de la melaza, panela disuelta, suero lácteo y harina de yuca en la calidad nutricional y fermentativa del ensilaje de pasto Cuba 22, contribuyendo al fortalecimiento de los sistemas ganaderos de la región.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA.

Ubicación de la investigación



La presente investigación se desarrolló en la Hacienda La Conquista, ubicada en el recinto Salazar, perteneciente al cantón San Vicente, provincia de Manabí, Ecuador. Esta unidad productiva se encuentra en una zona de tradición ganadera, donde la producción bovina constituye una de las principales actividades económicas de la región. Las condiciones ambientales del sector favorecen el establecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras utilizadas para la alimentación animal.

La Hacienda La Conquista se dedica principalmente a la explotación de ganado bovino con orientación a la producción de leche, actividad que requiere una adecuada disponibilidad de recursos forrajeros durante todo el año. Debido a ello, la finca cuenta con áreas destinadas al establecimiento de pasturas de alto rendimiento, utilizadas como base alimenticia del hato ganadero.

Entre las especies forrajeras presentes en la unidad productiva destaca el pasto Cuba 22 (*Pennisetum purpureum* × *Pennisetum glaucum*), gramínea ampliamente utilizada en sistemas ganaderos tropicales debido a su elevada producción de biomasa, buena adaptación a diferentes condiciones climáticas y aceptable valor nutritivo. Estas características han permitido su incorporación

como una alternativa importante para la alimentación del ganado bovino de la finca.

Para el desarrollo de la investigación se seleccionó un área aproximada de 2.500 m² establecida con pasto Cuba 22, la cual presentó condiciones homogéneas de manejo y desarrollo vegetativo. El material forrajero obtenido en esta superficie constituyó la materia prima utilizada para la elaboración de los ensilajes correspondientes a los tratamientos evaluados en el estudio.

Los suelos de la zona se caracterizan por ser profundos y bien drenados, condiciones que favorecen el crecimiento y la productividad de las especies forrajeras. Estas características contribuyen a una adecuada disponibilidad de nutrientes y permiten el establecimiento de cultivos destinados a la alimentación animal bajo condiciones propias de la región.

La investigación se ejecutó bajo las condiciones ambientales y de manejo propias de la Hacienda La Conquista, procurando que los resultados obtenidos reflejen la realidad productiva de los sistemas ganaderos de la zona. De esta manera, la información generada podrá servir como referencia para productores interesados en mejorar la conservación de forrajes mediante la elaboración de ensilajes de pasto Cuba 22 utilizando aditivos naturales.

Materiales, equipos

Para el desarrollo de la investigación se utilizará pasto Cuba 22 como materia prima para la elaboración de los ensilajes. Como aditivos naturales se emplearán melaza, panela disuelta, suero lácteo y harina de yuca, de acuerdo con los tratamientos establecidos.

Entre los materiales utilizados se consideran recipientes para ensilaje, fundas plásticas, etiquetas de identificación, baldes, recipientes de mezcla y materiales para la toma y conservación de muestras.

Los equipos empleados incluyen balanza para el pesaje de materiales, picadora de forraje para reducir el tamaño de partícula del pasto, potenciómetro para la

medición de pH y los equipos de laboratorio necesarios para la determinación de materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido.

Diseño experimental

- **Tipo:** Completamente al azar.
- **Repeticiones:** 3 por unidad y tiempo.
- **Tiempo de apertura:** 30, 60 y 90 días.
- **Unidad experimental:** Fundas para ensilaje (5kg).

El diseño experimental permitirá determinar el efecto de diferentes aditivos naturales sobre el valor nutritivo y la calidad fermentativa del ensilaje de pasto Cuba 22.

Tratamientos experimentales

- Control (sin aditivos)
- Melaza 5%
- Panela disuelta 5%
- Suero lacteo 5%
- Harina de yuca 3%

Los tratamientos evaluados en la investigación serán los siguientes:

Aditivos	% aplicado	Cantidad en 5 kg FV
Melaza	5 %	0,25 kg (250 g, = 180 ml)
Panela disuelta	5 %	0,25 kg (250 g, diluidos en agua)
Suero lácteo	5 %	0,25 kg (=250 ml)
Harina de yuca	3 %	0,15 kg (150 g)

Manejo del forraje

- **Corte:** 45-60 días (30-35% MS).
- **Picado:** 1-2 CM.
- **Pre-oreado:** hasta 90-35% MS.
- **Homogenización y aplicación de aditivos.**

Variables a medir

Calidad fermentativa: Índice de Flieg

Valor nutritivo: MS, PC ,FDN/FDA, carbohidratos solubles, digestibilidad in vitro.

El **Índice de Flieg** se calcula con la siguiente fórmula clásica:

$$\text{Índice de Flieg (IF)} = 220 + (2 \times \% \text{MS} - 15) - (40 \times \text{Ph})$$

Las variables evaluadas

Las variables evaluadas en la presente investigación estarán relacionadas con el valor nutritivo y la calidad fermentativa del ensilaje de pasto Cuba 22 (*Pennisetum spp.*) elaborado con diferentes aditivos naturales.

Las variables correspondientes al valor nutritivo serán: materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA). Por otra parte, la calidad fermentativa será evaluada mediante la determinación del potencial de hidrógeno (pH).

Las evaluaciones se realizarán a los 30, 60 y 90 días de fermentación, con el propósito de determinar el comportamiento de cada tratamiento durante el período de conservación del ensilaje.

Procedimiento experimental

Para el desarrollo de la investigación se utilizará pasto Cuba 22 proveniente de la Hacienda La Conquista. El material forrajero será cosechado en el estado fenológico adecuado para la elaboración de ensilajes, procurando obtener un

forraje con buenas características nutricionales y condiciones favorables para el proceso de fermentación.

Una vez cosechado, el pasto será picado hasta obtener partículas de aproximadamente 2 a 3 cm de longitud, con el propósito de facilitar la compactación del material y mejorar las condiciones anaeróbicas dentro del silo. Posteriormente, el forraje será distribuido de acuerdo con los tratamientos establecidos para la investigación.

Los aditivos naturales correspondientes a cada tratamiento serán incorporados en las proporciones definidas y mezclados homogéneamente con el material forrajero. Una vez realizada la mezcla, el contenido será colocado en los recipientes destinados al ensilaje, compactando progresivamente cada capa para eliminar la mayor cantidad posible de aire y favorecer el adecuado desarrollo del proceso fermentativo.

Finalizado el llenado, los silos serán sellados herméticamente y almacenados en un lugar fresco, seco y protegido de la lluvia y de la exposición directa al sol, con el fin de mantener condiciones apropiadas para la fermentación anaeróbica y la conservación del material ensilado.

Métodos y análisis de laboratorio

Métodos bromatológicos

La evaluación del valor nutritivo del ensilaje de pasto Cuba 22 se realizará mediante análisis bromatológicos en el laboratorio de Agrocalidad. Las muestras obtenidas a los 30, 60 y 90 días de fermentación serán analizadas para determinar materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA).

La determinación de materia seca se efectuará mediante metodologías oficiales de la AOAC (Association of Official Analytical Chemists), ampliamente utilizadas para el análisis de alimentos y forrajes. La proteína cruda será determinada mediante el método Kjeldahl, el cual permite cuantificar el nitrógeno total presente en la muestra y estimar su contenido proteico.

Para la evaluación de la fracción fibrosa se utilizará el método de Van Soest, mediante el cual se determinarán los contenidos de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA). Estos parámetros permiten evaluar la composición estructural del forraje y su potencial de aprovechamiento en la alimentación animal.

Análisis fermentativos

La calidad fermentativa del ensilaje será evaluada mediante la determinación del potencial de hidrógeno (pH), variable que permite conocer el grado de acidificación alcanzado durante el proceso de fermentación. Las mediciones se realizarán en las muestras obtenidas durante cada período de evaluación, utilizando los procedimientos establecidos por el laboratorio de Agrocalidad.

Los valores de pH obtenidos permitirán determinar la estabilidad fermentativa del material ensilado y establecer el efecto de los diferentes aditivos naturales sobre la conservación de los nutrientes presentes en el forraje.

Procedimiento de laboratorio

Las muestras recolectadas de cada tratamiento serán identificadas, conservadas y transportadas al laboratorio de Agrocalidad para su respectivo procesamiento. Una vez recibidas, serán sometidas a los análisis bromatológicos y fermentativos correspondientes, empleando metodologías oficiales reconocidas internacionalmente.

La materia seca será determinada mediante protocolos AOAC; la proteína cruda mediante el método Kjeldahl; y las fracciones fibrosas (FDN y FDA) mediante el método de Van Soest. Asimismo, se determinará el potencial de hidrógeno (pH) para evaluar la calidad fermentativa del ensilaje.

Los resultados obtenidos serán registrados y organizados para su posterior análisis estadístico, permitiendo comparar el comportamiento de los tratamientos y determinar el efecto de los diferentes aditivos naturales sobre el valor nutritivo y la calidad fermentativa del ensilaje de pasto Cuba 22.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos de los análisis bromatológicos y fermentativos serán organizados en tablas para facilitar su procesamiento e interpretación. Posteriormente, se aplicará estadística descriptiva mediante el cálculo de promedios y medidas de variación para cada una de las variables evaluadas.

Para determinar la existencia de diferencias significativas entre tratamientos se realizará un análisis de varianza (ANOVA) bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA). Cuando se detecten diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$), se aplicará una prueba de comparación de medias para identificar los tratamientos con mejor comportamiento.

Los resultados obtenidos serán presentados mediante tablas y gráficos, facilitando la interpretación de la información generada durante la investigación.

Modelo estadístico

Para el análisis de los datos se empleará el siguiente modelo estadístico correspondiente al Diseño Completamente al Azar (DCA):

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

Donde:

- Y_{ij} = Observación de la variable respuesta.
- μ = Media general.
- T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.
- ϵ_{ij} = Error experimental.

CAPÍTULO III: RESULTADOS Y/O PRODUCTO ALCANZADO

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos durante la evaluación del valor nutritivo y la calidad fermentativa del ensilaje de pasto Cuba 22 (*Pennisetum spp.*) elaborado con diferentes aditivos naturales. La investigación se desarrolló con el propósito de determinar la influencia de cada tratamiento sobre las características nutricionales y fermentativas del material ensilado durante el período de almacenamiento.

Para el cumplimiento de los objetivos planteados se evaluaron las variables materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y potencial de hidrógeno (pH), consideradas indicadores fundamentales para determinar la calidad nutricional y fermentativa de los ensilajes. Las evaluaciones fueron realizadas a los 30, 60 y 90 días de fermentación.

Además de las variables bromatológicas y fermentativas, se calculó el Índice de Flieg (IF), parámetro utilizado para estimar la calidad del ensilaje a partir de la relación entre el contenido de materia seca y el pH. Este índice permitió complementar la evaluación de los tratamientos y establecer diferencias en la eficiencia del proceso de conservación del forraje.

Los resultados obtenidos se presentan mediante tablas y gráficos con el fin de facilitar su análisis e interpretación. Asimismo, se realiza la discusión de los hallazgos encontrados, comparándolos con antecedentes reportados en la literatura científica, lo que permitió identificar los tratamientos que mostraron un mejor comportamiento y una mayor calidad del ensilaje de pasto Cuba 22 durante el período experimental.

Materia seca (MS)

La materia seca constituye uno de los principales indicadores de calidad en los ensilajes, debido a que permite determinar la cantidad de nutrientes disponibles una vez eliminada el agua contenida en el forraje. En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos para el contenido de materia seca del ensilaje de pasto Cuba 22 (*Pennisetum spp.*) elaborado con diferentes aditivos naturales y evaluado a los 30, 60 y 90 días de fermentación.

Tabla 1. Contenido de **materia seca (%)** del ensilaje del pasto Cuba 22 con diferentes aditivos naturales durante el período de fermentación.

Tratamiento	30 días	60 días	90 días
Melaza al 5%	26.5	26.1	25.8
Panela disuelta 5%	26.2	25.8	25.5
Suero lácteo 5%	22.4	22.0	21.6
Harina de yuca 3%	25.1	24.7	24.3
Testigo (Sin aditivos)	23.1	22.5	21.8

Los resultados obtenidos evidenciaron diferencias en el contenido de materia seca entre los tratamientos evaluados durante el período de fermentación. A los 30 días, los mayores valores correspondieron a los tratamientos con melaza al 5 % (26,5 %) y panela disuelta al 5 % (26,2 %), mientras que el tratamiento con suero lácteo presentó uno de los valores más bajos (22,4 %).

A medida que avanzó el proceso de fermentación se observó una ligera disminución de la materia seca en todos los tratamientos, comportamiento asociado al consumo de carbohidratos solubles por parte de los microorganismos responsables de la fermentación. No obstante, los tratamientos con melaza y panela mantuvieron los mayores porcentajes de materia seca durante todo el período experimental, registrando valores de 25,8 % y 25,5 %, respectivamente, a los 90 días de almacenamiento.

Por otra parte, el tratamiento testigo presentó la mayor reducción de materia seca, pasando de 23,1 % a 21,8 % entre los días 30 y 90. Estos resultados sugieren que la incorporación de aditivos energéticos favoreció la conservación del material ensilado y contribuyó a disminuir las pérdidas de nutrientes durante el proceso fermentativo.

Proteína cruda (PC)

La proteína cruda constituye uno de los principales indicadores del valor nutritivo de los forrajes, debido a su importancia en la alimentación de los rumiantes y en los procesos de crecimiento, producción y reproducción animal. En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos para el contenido de proteína cruda del ensilaje de pasto Cuba 22 (*Pennisetum spp.*) elaborado con diferentes aditivos naturales y evaluado a los 30, 60 y 90 días de fermentación.

Tabla 2. Contenido de **proteína cruda (%)** del ensilaje del pasto Cuba 22 con diferentes aditivos naturales durante el período de fermentación.

Tratamiento	30 días	60 días	90 días
Melaza 5%	7.2	7.1	7.0
Panela disuelta 5%	7.1	7.0	6.9
Suero lácteo 5%	7.8	7.6	7.4
Harina de yuca 3%	7.0	6.9	6.7
Testigo (Sin aditivos)	7.5	7.2	6.8

Los resultados obtenidos evidenciaron variaciones en el contenido de proteína cruda entre los tratamientos evaluados. A los 30 días de fermentación, el tratamiento con suero lácteo presentó el mayor contenido de proteína cruda (7,8 %), seguido por el tratamiento testigo (7,5 %). En contraste, los tratamientos con panela y harina de yuca registraron los valores más bajos, con 7,1 % y 7,0 %, respectivamente.

Durante el período de almacenamiento se observó una disminución gradual del contenido proteico en todos los tratamientos. Sin embargo, el tratamiento con suero lácteo mantuvo los mayores niveles de proteína cruda hasta los 90 días de fermentación, alcanzando un valor de 7,4 %, superior al registrado por los demás tratamientos.

El tratamiento testigo presentó una reducción más marcada de proteína cruda, pasando de 7,5 % a 6,8 % durante el período experimental. Estos resultados sugieren que la incorporación de suero lácteo favoreció una mejor conservación de la fracción proteica del ensilaje, posiblemente debido a su aporte de

compuestos nitrogenados y al efecto de los microorganismos presentes en este subproducto.

Fibra detergente neutro (FDN)

La fibra detergente neutro representa la fracción estructural de la planta compuesta principalmente por hemicelulosa, celulosa y lignina. Este parámetro está relacionado con el consumo voluntario del alimento por parte de los animales, ya que valores elevados pueden limitar la ingestión y reducir el aprovechamiento de los nutrientes. En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos para el contenido de fibra detergente neutro del ensilaje de pasto Cuba 22 (*Pennisetum spp.*) elaborado con diferentes aditivos naturales durante el período de fermentación.

Tabla 3. Contenido de la **fibra detergente neutro (FDN %)** del ensilaje de pasto Cuba 22 con diferentes aditivos naturales durante el período de fermentación.

Tratamiento	30 días	60 días	90 días
Melaza 5%	61.5	61.0	60.8
Panela disuelta 5%	62.0	61.4	61.0
Suero lácteo 5%	64.8	64.2	63.9
Harina de yuca 3%	63.2	62.8	62.4
Testigo (Sin aditivos)	68.2	69.0	69.8

Los resultados obtenidos evidenciaron diferencias en el contenido de fibra detergente neutro entre los tratamientos evaluados. A los 30 días de fermentación, el tratamiento testigo presentó el mayor contenido de FDN (68,2 %), mientras que el tratamiento con melaza registró el menor valor (61,5 %).

Durante el período experimental se observó una tendencia al incremento de la FDN en el tratamiento testigo, alcanzando 69,8 % a los 90 días de fermentación. En contraste, los tratamientos que incorporaron aditivos naturales mantuvieron menores concentraciones de fibra, destacándose nuevamente la melaza con el valor más bajo al finalizar el estudio (60,8 %).

La reducción observada en los tratamientos con melaza, panela y harina de yuca sugiere una mejor conservación de los componentes nutricionales del ensilaje y una posible mejora en su digestibilidad. Valores menores de FDN generalmente están asociados con una mayor capacidad de consumo por parte de los animales y un mejor aprovechamiento del alimento.

Fibra detergente ácido (FDA)

La fibra detergente ácido representa la fracción menos digestible de la pared celular vegetal, compuesta principalmente por celulosa, lignina y sílice. Esta variable constituye un indicador importante de la calidad nutricional de los forrajes, ya que valores elevados suelen estar asociados con una menor digestibilidad y un menor aprovechamiento de los nutrientes por parte de los animales. En la Tabla 4 se presentan los resultados obtenidos para el contenido de fibra detergente ácido del ensilaje de pasto Cuba 22 (*Pennisetum spp.*) elaborado con diferentes aditivos naturales durante el período de fermentación.

Tabla 4. Contenido de la **fibra detergente ácido (FDA %)** del ensilaje de pasto Cuba 22 con diferentes aditivos naturales durante el período de fermentación.

Tratamiento	30 días	60 días	90 días
Melaza 5%	36.8	36.5	36.2
Panela disuelta 5%	37.1	36.9	36.5
Suero lácteo 5%	39.2	38.9	38.5
Harina de yuca 3%	37.5	37.1	36.8
Testigo (Sin aditivos)	41.5	42.1	42.8

Los resultados obtenidos evidenciaron diferencias en el contenido de fibra detergente ácido entre los tratamientos evaluados durante el período de fermentación. A los 30 días, el tratamiento testigo presentó el valor más alto de FDA (41,5 %), mientras que el tratamiento con melaza registró el menor contenido (36,8 %).

Durante el almacenamiento se observó un ligero incremento de la FDA en el tratamiento testigo, alcanzando 42,8 % a los 90 días. Por el contrario, los tratamientos que incorporaron aditivos naturales mostraron una tendencia a mantener o disminuir ligeramente los niveles de esta fracción fibrosa. El tratamiento con melaza presentó el menor valor al finalizar el período experimental (36,2 %), seguido por panela disuelta (36,5 %) y harina de yuca (36,8 %).

Estos resultados sugieren que la utilización de aditivos energéticos contribuyó a mejorar la calidad nutricional del ensilaje, debido a que menores concentraciones de FDA suelen estar relacionadas con una mayor digestibilidad del alimento y un mejor aprovechamiento de los nutrientes por parte de los animales.

Potencial de hidrógeno (pH)

El potencial de hidrógeno (pH) constituye uno de los principales indicadores de la calidad fermentativa del ensilaje, ya que permite evaluar el grado de acidificación alcanzado durante el proceso de conservación. Valores bajos de pH indican una adecuada producción de ácidos orgánicos, principalmente ácido láctico, favoreciendo la estabilidad del material ensilado y limitando el desarrollo de microorganismos indeseables. En la Tabla 5 se presentan los resultados obtenidos para el pH del ensilaje de pasto Cuba 22 (*Pennisetum spp.*) elaborado con diferentes aditivos naturales durante el período de fermentación.

Tabla 5. Valor del pH del ensilaje de pasto Cuba 22 con diferentes aditivos naturales durante el período de fermentación.

Tratamiento	30 días	60 días	90 días
Melaza 5%	3.95	3.92	3.95
Panela disuelta 5%	4.02	3.98	4.00
Suero lácteo 5%	4.10	4.08	4.12
Harina de yuca 3%	4.15	4.12	4.15
Testigo (Sin aditivos)	4.60	4.65	4.75

Los resultados obtenidos mostraron diferencias en los valores de pH entre los tratamientos evaluados durante el período de fermentación. A los 30 días, el tratamiento con melaza registró el menor valor de pH (3,95), seguido por el tratamiento con panela disuelta (4,02), mientras que el tratamiento testigo presentó el valor más alto (4,60).

Durante los 90 días de almacenamiento, los tratamientos con melaza y panela mantuvieron los valores más bajos de pH, registrando 3,95 y 4,00,

respectivamente. Por el contrario, el tratamiento testigo presentó un incremento gradual del pH, alcanzando un valor de 4,75 al finalizar el período experimental.

La disminución del pH observada en los tratamientos con melaza y panela indica una fermentación más eficiente, favorecida por la disponibilidad de carbohidratos solubles utilizados por las bacterias ácido-lácticas para la producción de ácidos orgánicos. En contraste, los mayores valores registrados en el tratamiento testigo sugieren una menor intensidad fermentativa y una menor capacidad de conservación del material ensilado.

Variables a medir

Índice de Flieg (IF):

Breve introducción del índice.

Ejemplo de cálculo

Usamos el tratamiento testigo a los 30 días:

$$IF = 220 + (2 \times 23.1 - 15) - (40 \times 4.60)$$

$$IF = 220 + 46,2 - 15 - 184$$

$$IF = 67,2$$

Tabla 6. Valores del **Índice de Flieg (IF)** del ensilaje de pasto Cuba 22 con diferentes aditivos naturales durante el período de fermentación.

Tratamiento	30 días	60 días	90 días
Melaza 5%	100.0	100.4	98.6
Panela disuelta 5%	96.6	97.4	96.0
Suero lácteo 5%	85.8	85.8	83.4
Harina de yuca 3%	89.2	89.6	87.6
Testigo (Sin aditivos)	67.2	64.0	58.6

Los resultados obtenidos evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Los mayores valores del Índice de Flieg fueron registrados por los tratamientos con melaza y panela, los cuales mantuvieron índices superiores a 95 durante todo el período de fermentación.

Estos resultados indican una excelente calidad fermentativa y una adecuada conservación del material ensilado.

Los tratamientos con harina de yuca y suero lácteo también presentaron valores superiores a 80, clasificándose dentro de la categoría de muy buena calidad. En contraste, el tratamiento testigo registró los menores índices durante todo el estudio, disminuyendo de 67,2 a los 30 días hasta 58,6 a los 90 días de fermentación.

La superioridad observada en los tratamientos con aditivos puede atribuirse a una mejor conservación de la materia seca y a una mayor disminución del pH, factores que favorecen el desarrollo de bacterias ácido-lácticas y mejoran la calidad fermentativa del ensilaje.

Tabla 7. Clasificación de la calidad fermentativa del ensilaje según el Índice de Flieg a los 90 días de fermentación.

Tratamiento	Índice de Flieg	Clasificación
Melaza 5%	98.6	Muy buena
Panela disuelta 5%	96.0	Muy buena
Suero lácteo 5%	83.4	Muy buena
Harina de yuca 3%	87.6	Muy buena
Testigo (Sin aditivos)	58.6	Aceptable

La clasificación de los tratamientos de acuerdo con el Índice de Flieg permitió establecer diferencias en la calidad fermentativa de los ensilajes evaluados. Los tratamientos que incorporaron melaza, panela, harina de yuca y suero lácteo fueron clasificados como ensilajes de muy buena calidad, debido a que alcanzaron índices superiores a 80 puntos.

El tratamiento con melaza presentó el mayor Índice de Flieg (98,6), lo que evidencia una fermentación eficiente y una adecuada conservación del material ensilado. De forma similar, la panela disuelta alcanzó un índice de 96,0, mostrando un comportamiento fermentativo comparable al de la melaza.

Por otra parte, los tratamientos con harina de yuca y suero lácteo también registraron valores elevados, superiores a 80 puntos, confirmando su potencial como aditivos naturales para mejorar la calidad del ensilaje de pasto Cuba 22.

En contraste, el tratamiento testigo obtuvo un Índice de Flieg de 58,6, clasificándose como un ensilaje de calidad aceptable. Este resultado demuestra que la ausencia de aditivos limitó la eficiencia del proceso fermentativo y redujo la calidad final del material conservado.

Discusión general de los resultados

Los resultados obtenidos en la presente investigación evidenciaron que la utilización de aditivos naturales influyó de manera positiva sobre la calidad nutricional y fermentativa del ensilaje de pasto Cuba 22 (*Pennisetum spp.*). En términos generales, los tratamientos que incorporaron melaza, panela, suero lácteo y harina de yuca presentaron mejores características bromatológicas y fermentativas en comparación con el tratamiento testigo, demostrando la importancia de incorporar fuentes adicionales de nutrientes fermentables durante el proceso de ensilaje.

En relación con la materia seca, los tratamientos con melaza y panela registraron los mayores valores durante todo el período de fermentación. Este comportamiento puede atribuirse al aporte de carbohidratos solubles presentes en ambos aditivos, los cuales favorecieron una fermentación más eficiente y contribuyeron a disminuir las pérdidas de nutrientes durante el almacenamiento. Estos resultados coinciden con lo reportado por McDonald et al. (2011), quienes señalan que la disponibilidad de azúcares fermentables favorece la conservación de la materia seca y mejora la estabilidad del ensilaje.

Respecto a la proteína cruda, el tratamiento con suero lácteo presentó los valores más elevados durante los tres períodos de evaluación. Este resultado podría estar asociado al aporte de compuestos nitrogenados y proteínas presentes en el suero, contribuyendo a una mejor conservación de la fracción proteica del material ensilado. No obstante, al analizar conjuntamente todas las variables evaluadas, la melaza mostró un comportamiento más equilibrado y favorable para la conservación integral del ensilaje.

Los resultados obtenidos para fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) mostraron menores valores en los tratamientos con melaza y panela, indicando una posible mejora en la digestibilidad del forraje. Según Van Soest (1994), reducciones en estas fracciones fibrosas suelen relacionarse con una mayor disponibilidad de nutrientes y un mejor aprovechamiento por parte de los microorganismos ruminales, lo que repercute positivamente en el desempeño animal.

En cuanto al potencial de hidrógeno (pH), los tratamientos con melaza y panela alcanzaron los valores más bajos durante todo el proceso de fermentación. Estos resultados reflejan una mayor producción de ácidos orgánicos, especialmente ácido láctico, condición indispensable para garantizar la conservación del ensilaje y limitar el desarrollo de microorganismos indeseables. De acuerdo con McDonald et al. (2011), valores de pH cercanos a 4,0 indican fermentaciones adecuadas y una buena estabilidad del material ensilado.

La evaluación del Índice de Flieg confirmó los resultados observados en las demás variables. Los tratamientos con melaza, panela, harina de yuca y suero lácteo fueron clasificados como ensilajes de muy buena calidad, mientras que el tratamiento testigo alcanzó únicamente una calidad aceptable. El mayor Índice de Flieg fue registrado por la melaza, seguida por la panela, evidenciando una mejor combinación entre contenido de materia seca y nivel de acidificación del ensilaje.

De manera general, los resultados permiten afirmar que la melaza al 5 % fue el aditivo que presentó el mejor desempeño integral durante el proceso de ensilaje del pasto Cuba 22, debido a que favoreció la conservación de la materia seca, mantuvo adecuados niveles nutricionales, redujo el pH y alcanzó los mayores índices de calidad fermentativa. La panela disuelta al 5 % presentó un comportamiento similar, constituyéndose también en una alternativa viable para la elaboración de ensilajes de calidad en sistemas de producción ganadera tropical.

Evaluación económica de los tratamientos

Tratamiento	Aditivo	Dosis	Precio referencial	Costo del aditivo
Testigo	Ninguno	0 kg	—	\$0,00
Melaza 5%	Melaza	5 kg	\$0,60/kg	\$3,00
Panela 5%	Panela	5 kg	\$1,20/kg	\$6,00
Suero lácteo 5%	Suero	5 kg	\$0,25/kg	\$1,25
Harina de yuca 3%	Haina de yuca	3kg	\$2,50/kg	\$7,50

En términos económicos, los aditivos naturales evaluados representan una alternativa potencialmente viable para la elaboración de ensilaje de pasto Cuba 22, debido a que son productos de disponibilidad local y pueden incorporarse en proporciones relativamente bajas. El análisis de costos permitió comparar el costo de producción por kilogramo de ensilaje entre los diferentes tratamientos, identificando las alternativas con mejor relación entre costo y calidad nutricional.

CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- La utilización de aditivos naturales influyó positivamente en la calidad nutricional y fermentativa del ensilaje de pasto Cuba 22 (*Pennisetum spp.*), evidenciándose mejores resultados en comparación con el tratamiento testigo durante los 90 días de evaluación.
- El tratamiento con melaza al 5 % presentó el mejor comportamiento general, registrando los mayores contenidos de materia seca, los menores valores de pH y los índices de Flieg más elevados, lo que indica una fermentación más eficiente y una mejor conservación del material ensilado.
- El tratamiento con suero lácteo al 5 % registró los mayores contenidos de proteína cruda durante el período experimental; sin embargo, la melaza al 5 % presentó el mejor comportamiento integral al considerar conjuntamente la calidad nutricional y fermentativa del ensilaje.
- Los tratamientos que incorporaron melaza, panela, suero lácteo y harina de yuca presentaron menores valores de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) en comparación con el testigo, lo que sugiere una mejora en la calidad y el aprovechamiento potencial del alimento por parte de los animales.
- De acuerdo con el Índice de Flieg, los tratamientos con melaza, panela, suero lácteo y harina de yuca fueron clasificados como ensilajes de muy buena calidad, mientras que el tratamiento testigo alcanzó únicamente una calidad aceptable, confirmando la importancia del uso de aditivos naturales en la elaboración de ensilajes de pasto Cuba 22.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar melaza al 5 % como aditivo en la elaboración de ensilajes de pasto Cuba 22, debido a que presentó los mejores resultados en materia seca e Índice de Flieg, demostrando una adecuada calidad fermentativa y nutricional.
- Se sugiere promover el uso de aditivos naturales como panela, suero lácteo y harina de yuca en sistemas de producción ganadera, ya que contribuyen a mejorar la conservación y calidad del ensilaje en comparación con materiales elaborados sin aditivos.
- Se recomienda realizar evaluaciones productivas en animales alimentados con los ensilajes obtenidos en esta investigación, con el propósito de determinar el efecto de cada tratamiento sobre el consumo, la ganancia de peso y la producción animal.
- Se sugiere desarrollar futuras investigaciones utilizando diferentes niveles de inclusión de melaza, panela, suero lácteo y harina de yuca, con el fin de identificar las dosis óptimas que permitan maximizar la calidad nutricional y fermentativa del ensilaje.
- Se recomienda continuar investigando el uso de subproductos agroindustriales disponibles en la región como alternativas para la elaboración de ensilajes de bajo costo, favoreciendo la sostenibilidad de los sistemas de producción ganadera y el aprovechamiento eficiente de los recursos locales.

BIBLIOGRAFÍA

- Barén Párraga, J. R., & Centeno Vera, L. A. (2017). Valores nutritivos del pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* × *Pennisetum glaucum*) sometido a cuatro intervalos de corte en el valle del río Carrizal. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.
- Bureenok, S., Yuangklang, C., Vasupen, K., Schonewille, J. T., & Kawamoto, Y. (2012). The effects of additives in napier grass silage on chemical composition, feed intake, nutrient digestibility and rumen fermentation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 25(9), 1248-1254.
- Bureenok, S., Yuangklang, C., Vasupen, K., Schonewille, J. T., & Kawamoto, Y. (2012). The effects of additives in Napier grass silage on chemical composition, feed intake, nutrient digestibility and rumen fermentation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 25(9), 1248-1254. <https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12081>
- Bureenok, S., Yuangklang, C., Vasupen, K., Schonewille, J. T., & Kawamoto, Y. (2012). The effects of additives in Napier grass silage on chemical composition, feed intake, nutrient digestibility and rumen fermentation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 25(9), 1248-1254. <https://doi.org/10.5713/ajas.2012>.
- Cerdas-Ramírez, R., Vidal-Vega, E., & Vargas-Rojas, J. C. (2021). Productividad del pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* × *Pennisetum glaucum*) con distintas dosis de fertilización nitrogenada. *InterSedes*, 22(45), 136–161.

FAO. (2018). Producción y conservación de forrajes para la alimentación del ganado. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

FAO. (2018). Producción y utilización de ensilajes en zonas tropicales. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Food and Agriculture Organization. (2018). Conservación de forrajes y alimentación animal.

Herrera, R. S. (2015). Producción y utilización de pastos tropicales para la alimentación animal. Instituto de Ciencia Animal.

<https://doi.org/10.3168/jd.2017-13909>

<https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>

Kung, L., Shaver, R. D., Grant, R. J., & Schmidt, R. J. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4020–4033.

<https://doi.org/10.3168/jds.2017->

Kung, L., Shaver, R. D., Grant, R. J., & Schmidt, R. J. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4020-4033.

Kung, L., Shaver, R. D., Grant, R. J., & Schmidt, R. J. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4020-4033.

Kung, L., Shaver, R. D., Grant, R. J., & Schmidt, R. J. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of

- silages. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4020-4033.
<https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>
- Li, D., Ni, K., Zhang, Y., Lin, Y., & Yang, F. (2019). Fermentation characteristics, chemical composition and microbial community of tropical forage silage under different temperatures. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(5), 665–674. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0085>
- Machado, R. (2010). *Gramíneas tropicales para la producción animal*. Instituto de Ciencia Animal.
- McDonald, P., Henderson, A. R., & Heron, S. J. E. (2011). *The Biochemistry of Silage* (3rd ed.). Chalcombe Publications.
- McDonald, P., Henderson, A. R., & Heron, S. J. E. (2011). *The Biochemistry of Silage* (3rd ed.). Chalcombe Publications.
- McDonald, P., Henderson, A. R., & Heron, S. J. E. (2011). *The Biochemistry of Silage* (3rd ed.). Chalcombe Publications.
- McDonald, P., Henderson, A. R., & Heron, S. J. E. (2011). *The biochemistry of silage* (3rd ed.). Chalcombe Publications.
- McDonald, P., Henderson, A. R., & Heron, S. J. E. (2011). *The biochemistry of silage* (3rd ed.). Chalcombe Publications.
- Mertens, D. R. (1997). Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 80(7), 1463-1481.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76075-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2)

- Moreira-Macías, N. M., Castillo-García, A. A., Romero-Salguero, E. J., & Plua-Montiel, J. A. (2025). Efecto de dos aditivos en la calidad bromatológica de biomasa de pasto Cuba 22 y botón de oro en distintas proporciones. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 5(2), e829. <https://doi.org/10.51252/raa.v5i2.829>
- Morocho, G. A., Toalombo, P. A., Guevara, H. P., & Jiménez, S. F. (2023). Evaluación del potencial forrajero y composición nutricional del pasto híbrido Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* Schumach × *Pennisetum glaucum* L.) a tres edades de corte. *Archivos de Zootecnia*, 72(278), 128-142. <https://doi.org/10.21071/az.v72i278.5716>
- Morocho, G. A., Toalombo, P. A., Guevara, H. P., & Jiménez, S. F. (2023). Evaluación del potencial forrajero y composición nutricional del pasto híbrido Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* Schumach × *Pennisetum glaucum* L.) a tres edades de corte. *Archivos de Zootecnia*, 72(278), 128-142. <https://doi.org/10.21071/az.v72i278.5716>
- Muck, R. E., Nadeau, E. M. G., McAllister, T. A., Contreras-Govea, F. E., Santos, M. C., & Kung, L. (2018). Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 3980–4000. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13839>
- Oliveira, A. S., Weinberg, Z. G., Ogunade, I. M., Cervantes, A. A. P., Arriola, K. G., Jiang, Y., Kim, D., Li, X., Gonçalves, M. C. M., Vyas, D., & Adesogan, A. T. (2017). Meta-analysis of effects of inoculation with homofermentative and facultative heterofermentative lactic acid bacteria on silage

fermentation, aerobic stability and animal performance. *Journal of Dairy Science*, 100(6), 4587-4603. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11815>

Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant* (2nd ed.). Cornell University Press.

Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant* (2nd ed.). Cornell University Press. <https://books.google.com/books?id=VI4JXQZ8KzQC>

Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant* (2nd ed.). Cornell University Press. <https://books.google.com/books?id=VI4JXQZ8KzQC>

ANEXOS



Anexo 1. Ubicación geográfica



Anexo 2. Área establecida con el pasto cuba 22



Anexo 3. Cosecha del material forrajero.



Anexo 4. Picado del pasto cuba 22.



Anexo 5. Incorporación de aditivos naturales.



Anexo 6. Elaboración y compactación de silos.



Anexo 7. Sellado de silos.



Anexo 8. Almacenamiento durante los 90 días de fermentación.



Anexo 9. Apertura de los silos durante los 30, 60 y 90 días de fermentación.



Anexo 10. Toma de muestras para los análisis bromatológicos.