



PROYECTO DE TITULACIÓN

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

**“Determinación de la calidad bromatológica de la biomasa del Pasto Cuba 22
(*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) y botón de oro (*Tithonia diversifolia*), en
diferentes proporciones y dos aditivos para ensilaje”**

Castillo García, Anthony Alexis y Moreira Macías, Nohelia Mishell

Ing. Mgs. Romero Salguero, Edison Javier

Santo Domingo, 5 de marzo del 2024

REPORTE DE VERIFICACIÓN DE CONTENIDO



Plagiarism and AI Content Detection Report

TESIS_Castillo-Moreira Revisión Plagi...

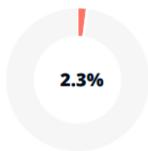
Scan details

Scan time:
February 29th, 2024 at 17:2 UTC

Total Pages:
45

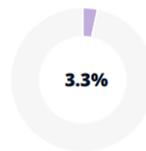
Total Words:
11095

Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	2%	221
Minor Changes	0.3%	33
Paraphrased	0%	0
Omitted Words	1.6%	173

AI Content Detection



Text coverage		Words
AI text	3.3%	366
Human text	96.7%	10556

[Learn more](#)

Firma:



Firmado electrónicamente por:
EDISON JAVIER
ROMERO SALGUERO

Ing. Romero Salguero, Edison Javier

C. C. 1715875751



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de integración curricular “**Determinación de la calidad bromatológica de la biomasa del Pasto Cuba 22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) y botón de oro (*Tithonia diversifolia*), en diferentes proporciones y dos aditivos para ensilaje**” fue realizado por los señores **Castillo García, Anthony Alexis y Moreira Macías, Nohelia Mishell** el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 5 de marzo del 2024

Firma:



Firmado electrónicamente por:
**EDISON JAVIER
ROMERO SALGUERO**

.....
Ing. Romero Salguero, Edison Javier

C. C. 1715875751



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, **Castillo García, Anthony Alexis y Moreira Macías, Nohelia Mishell**, con cédula de ciudadanía n°- 2351088717 y n°- 1315749695 declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: “**Determinación de la calidad bromatológica de la biomasa del Pasto Cuba 22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) y botón de oro (*Tithonia diversifolia*), en diferentes proporciones y dos aditivos para ensilaje**” es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 5 de marzo del 2024

Firma:

Castillo García Anthony Alexis

C.C.: 2351088717

Moreira Macías Nohelia Mishell

C.C.: 1315749695



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros, **Castillo García, Anthony Alexis y Moreira Macías, Nohelia Mishell**, con cédula de ciudadanía n°- 2351088717 y n°- 1315749695, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: “**Determinación de la calidad bromatológica de la biomasa del Pasto Cuba 22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) y botón de oro (*Tithonia diversifolia*), en diferentes proporciones y dos aditivos para ensilaje**” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 5 de marzo del 2024

Firma:

Castillo García Anthony Alexis

C.C.: 2351088717

Moreira Macías Nohelia Mishell

C.C.: 1315749695

Dedicatoria

Primeramente, quiero agradecer a Dios, mi roca eterna, por guiarme en cada paso de este viaje académico y darme la fuerza para perseverar. Te agradezco por ser mi fuente de fortaleza y entendimiento en este logro académico, también a mis padres, Lorenzo Castillo y Norma García, cuya incansable dedicación y amor han sido fundamentales en mi desarrollo personal y profesional. Su constante apoyo, sacrificio y aliento han sido invaluablees durante mi trayectoria académica. A ellos les debo todo lo que soy y todo lo que he logrado. Esta tesis es un humilde reconocimiento a su incondicionalidad y entrega.

Finalmente, a mis hermanos, este logro no es solo mío, sino también vuestro. Me habéis enseñado el verdadero significado de la perseverancia, el amor incondicional y el apoyo mutuo sin esperar nada a cambio. En cada página escrita, en cada desafío superado, he encontrado la fuerza en los recuerdos de nuestras peleas y reconciliaciones, nuestras bromas y conversaciones serias, y todas las pequeñas formas en las que habéis contribuido a mi crecimiento.

Anthony C.

Dedicatoria

Con amor dedico este trabajo a mi madre Mercedes Macias, cuyo amor incondicional ha sido mi refugio en los momentos de dificultad, por su apoyo constante y sacrificios invaluable que han hecho posible este logro.

A mi padre Gregorio Moreira porque a su manera me ha apoyado, aconsejado y ha estado en todo el trayecto de este proyecto.

A mis hermanos Paola, Diego y Armando por su inspiración, cariño y porque han sido mi fortaleza en los momentos de desafío.

A mi familia y amigos de la universidad que han sido parte de esta etapa de mi vida, por el apoyo, las risas, los momentos y recuerdos que siempre llevaré conmigo, gracias por hacer de esta travesía una experiencia más bonita y llevadera.

Este humilde logro es mi manera de expresar gratitud a cada uno de aquellos que siempre confiaron en mí, creyeron en mi potencial y apostaron a mi éxito.

Nohelia Moreira

Agradecimiento

Quiero agradecer a toda mi familia que nunca dudo de mí y siempre me apoyó sin ambición, a mi primo Germán García quien siempre me ayudo en lo que necesitará, fue pieza importante en el desarrollo práctico de mi trabajo de titulación y carrera universitaria.

A mis compañeros José Luis Z, Ana S, Tatiana O, Elen Ñ, Carol P, Katherine M, Joseph R, Luis D, Luis R y Johana S, les estoy agradecido por ser parte de este recorrido, algunos siendo amistades desde el inicio y otros al final, pero a todos los aprecio con el mismo cariño.

A mi tutor de integración curricular, Ing. Edison Romero, quien confió y creyó en mí, también le agradezco por la paciencia que mantuvo durante todo este tiempo y por las enseñanzas brindadas.

A mi compañera de tesis Nohelia Moreira, porque supimos apoyarnos en todo momento, fuimos un buen equipo, nos complementamos y siempre nos tuvimos confianza mutuamente.

Finalmente, a Paulina Zambrano, quien inicialmente hizo que nunca me rindiera, fue quien forjó las bases para que yo llegara a donde estoy, te agradezco mucho por todo.

Anthony C

Agradecimiento

Agradezco a Dios por brindarme la fortaleza y sabiduría necesarias para llevar a cabo este proyecto. A mis padres por su orientación y motivación en todo momento. A mis docentes por haberme brindado conocimientos y lecciones que han contribuido a mi desarrollo tanto profesional como personal.

A mi querida mejor amiga Erika Montenegro por su compañía, lealtad, apoyo, consejos y motivación de inicio a fin de esta carrera.

Un especial agradecimiento a los estudiantes de la asignatura de Pastos por su colaboración en esta investigación. A nuestro tutor de Integración Curricular, Ing. Edison Romero, por su guía experta, su paciencia incansable y por instruirnos con gran conocimiento de inicio a fin de este proyecto.

A las Sras. Dioselyn M., María M., Rocío R. y Lupe V., por ser parte de este camino, por su apoyo y consejos, siempre las llevaré en mi corazón.

A mi compañero de tesis Anthony Castillo, por su arduo trabajo y confianza. Su compromiso y esfuerzo han sido pilares fundamentales para nuestro éxito.

Además, quiero reconocer el apoyo incondicional de mis amigos Luis D., Jhon T., Darwin B., Josimar B., Kevin S., Joseph R., Axel T., quienes estuvieron ahí y compartieron conmigo las alegrías de cada pequeño avance, gracias por su paciencia y comprensión, fueron fundamentales para mantenerme enfocada y perseverante.

Nohelia Moreira

Índice de contenido

Dedicatoria	I
Agradecimiento	II
Resumen	1
Abstract	2
Introducción y Estado del Arte	3
Objetivos.....	7
Objetivo General	7
Objetivos Específicos.....	7
Hipótesis	8
Hipótesis Nula	8
Hipótesis Alternativa	8
Marco Teórico	9
Ensilaje	9
Fases del Ensilaje.....	10
Fase 1. Fase Aeróbica	10
Fase 2. Fase de Fermentación	11
Fase 3. Fase Estable	11

Fase 4. Fase de Deterioro Aerobio.....	11
Aditivos	12
Características de un Ensilaje de Buena y Mala Calidad	12
Generalidades del Pasto Cuba.....	13
Pasto Cuba 22	13
Taxonomía.....	14
Altura de la Planta al Momento del Corte	16
Generalidades de <i>Tithonia diversifolia</i> (TD)	16
Taxonomía.....	17
Indicadores Nutricionales del Pasto.....	18
Materia Seca.....	18
Proteína Cruda.....	18
Fibra.....	19
Ceniza.....	20
Aditivos	20
Inoculante Biológico (Silamix).....	20
Suero de Leche.....	21
Metodología	22

Ubicación del Área Experimental	22
Ubicación Política	22
Ubicación Geográfica.....	22
Ubicación Ecológica.....	23
Materiales	24
Elaboración del Ensilaje.....	24
Análisis de Proteína	24
Análisis de Fibra	25
Análisis de Ceniza	25
Análisis de Materia Seca	25
Análisis de pH	26
Análisis de la leche	26
Métodos.....	26
Manejo del Experimento: Fase de Campo (Preparación del Ensilaje).....	26
Manejo del Experimento: Fase de Laboratorio (Análisis Bromatológico)	27
Diseño Experimental.....	30
Tratamientos a Evaluar	31
Tipo de Diseño.....	31

Análisis Estadístico	32
Análisis Funcional	32
Características de la Unidad Experimental	32
Croquis del Ensayo	33
Variables de Estudio	33
Resultados	34
Análisis de Proteína.....	34
Análisis de Fibra	37
Análisis de Ceniza	40
Análisis de Materia Seca	43
Determinación de pH.....	45
Características Organolépticas	48
Análisis de la Leche.....	50
Análisis <i>Económico</i>	53
Conclusiones.....	54
Recomendaciones	55
Referencias Bibliográficas.....	56

Índice de Tablas

Tabla 1 Características organolépticas, pH, nitrógeno amoniacal, humedad, de un ensilaje de buena y mala calidad.	13
Tabla 2 Clasificación taxonómica del pasto Cuba 22.	14
Tabla 3 Efecto de la edad de corte sobre el contenido proteico del ensilaje de pasto Cuba-22.	15
Tabla 4 Composición química por levantar el tiempo de corte.	16
Tabla 5 Clasificación taxonómica del T. diversifolia.	17
Tabla 6 Niveles de contenido de proteína de pastos y forrajes.	19
Tabla 7 Composición nutricional del suero de leche.	21
Tabla 8 Elementos esenciales requeridos para el ensilaje.	24
Tabla 9 Elementos esenciales requeridos para el análisis proteína bruta.	24
Tabla 10 Elementos esenciales requeridos para el análisis de fibra.	25
Tabla 11 Elementos esenciales requeridos para el análisis de ceniza.	25
Tabla 12 Elementos esenciales requeridos para el análisis de materia seca.	25
Tabla 13 Elementos esenciales requeridos para el análisis de pH.	26
Tabla 14 Elementos esenciales requeridos para el análisis de la leche.	26
Tabla 15 Factores a probar.	30

Tabla 16	Descripción de los tratamientos sujetos a evaluación.	31
Tabla 17	Esquema del ADEVA.	32
Tabla 18	Análisis de varianza de la variable proteína.	34
Tabla 19	Comparación de medias de LSD Fisher para la variable proteína.	35
Tabla 20	Análisis de varianza para la variable fibra.	37
Tabla 21	Análisis de la comparación de medias de LSD Fisher para la variable fibra.	38
Tabla 22	Análisis de varianza para la variable ceniza.	40
Tabla 23	Resultados de los porcentajes de ceniza de los tratamientos evaluados.	41
Tabla 24	Análisis de varianza de la variable materia seca.	43
Tabla 25	Resultados de materia seca del ensilado evaluando diferentes proporciones y aditivos.	43
Tabla 26	Análisis de varianza para la variable pH.	45
Tabla 27	Análisis de la comparación de medias de LSD Fisher para la variable pH.	46
Tabla 28	Análisis organoléptico del ensilaje.	48
Tabla 29	Resultados del análisis de la calidad de la leche en función del alimento proporcionado (Ensilaje de pasto Cuba 22 y Botón de Oro con Silamix y con suero de leche).	50
Tabla 30	Análisis económico para la elaboración de un silo con un cultivo de pasto Cuba y Botón de Oro ya establecido.	53

Índice de Figuras

Figura 1 Cambios que se producen durante el proceso del ensilado.	10
Figura 2 Mapa de ubicación geográfica de los lugares en donde se llevó a cabo la investigación.	23
Figura 3 Croquis de distribución de las UE.	33
Figura 4 Comparación de medias de LSD Fisher para la variable proteína.	37
Figura 5 Comparación de medias para la variable fibra.	40

Resumen

La investigación tuvo lugar en la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, en Santo Domingo. Su propósito fue evaluar la calidad bromatológica de la biomasa del Pasto Cuba 22 (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) y el botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en distintas proporciones y dos aditivos para ensilaje. El experimento se dividió en dos fases: de campo (ensilaje) y laboratorio (análisis bromatológicos: proteína, fibra, materia seca, cenizas y pH). Se utilizó un DCA bifactorial (3x2) con 6 tratamientos y 4 repeticiones. También se aplicó el ADEVA en conjunto con una prueba LSD Fisher al 5% para analizar las diferencias entre las medias de los tratamientos. Se concluyó que los tratamientos ejercieron una influencia significativa en los niveles de proteína y fibra, los cuales oscilaron de 15,03% a 17,95% y de 20,13% a 24,78% respectivamente. Mientras que la utilidad fue de \$ 1 730,60

Palabras clave: *Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*, *Thitonia diversifolia*,
Proporciones, Ensilaje, Aditivos.

Abstract

The research took place at the Armed Forces University - ESPE, in Santo Domingo. Its purpose was to evaluate the bromatological quality of the biomass of Cuba 22 Grass (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) and Mexican Sunflower (*Tithonia diversifolia*) in different proportions and two ensilage additives. The experiment was divided into two phases: field (ensilage) and laboratory (bromatological analysis: protein, fiber, dry matter, ash, and pH). A bifactorial DCA (3x2) with 6 treatments and 4 repetitions was used. ADEVA was also applied in conjunction with a Fisher LSD test at 5% to analyze the differences between the means of the treatments. It was concluded that the treatments exerted a significant influence on the levels of protein and fiber, which ranged between 15.03% and 17.95% for protein and between 20.13% and 24.78% respectively for fiber. Meanwhile, the net profit was \$ 1 730.60.

Keywords: Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum, Thitonia diversifolia, Proportions, Ensiling, Additives.

Introducción y Estado del Arte

En Ecuador la mayor parte de la producción ganadera depende del pastoreo diario por ser la forma más económica de alimentar el ganado, la época lluviosa es favorable por la alta producción de alimento, mientras que en la época seca suele haber escasez. Por ello, es necesario idear estrategias como producir o almacenar alimentos para las etapas críticas.

El Pasto Cuba 22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) ha demostrado ser un componente muy beneficioso en la alimentación animal, destacándose por su producción de biomasa, adaptabilidad y capacidad para prosperar en suelos variados. Su composición nutricional, caracterizada por altos niveles de proteínas y carbohidratos, lo convierte en una elección en sistemas ganaderos que buscan optimizar el rendimiento. De igual forma, el Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*), reconocido como una fuente potencial de forraje, presenta un perfil nutricional único. Su rápido crecimiento, resistencia a condiciones adversas y contenido de minerales y compuestos bioactivos lo posicionan como un complemento prometedor para elevar la calidad de la biomasa (Cerdas, Vidal, & Vargas, 2021).

La combinación estratégica de Pasto Cuba 22 y Botón de Oro busca aumentar las fortalezas individuales de ambas especies forrajeras y sus componentes, generando una sinergia que podría potenciar la calidad nutricional. El proceso de ensilaje es crucial para la conservación de la calidad de la biomasa, su relevancia aumenta en zonas tropicales, caracterizadas por dos estaciones climáticas bien definidas: una lluviosa y otra seca. La elección de aditivos específicos cobra importancia para influir en la fermentación y conservación de los forrajes, asegurando la frescura y retención de nutrientes críticos durante el almacenamiento (Gonzales *et al.*, 2011).

La investigación propuesta implementará un diseño experimental que abarca la combinación de Pasto Cuba 22 y Botón de Oro en proporciones variables, junto con la aplicación de dos aditivos durante el proceso de ensilaje. Se analizarán parámetros clave como la

concentración de proteínas, fibra, ceniza y otros componentes relevantes para la calidad nutricional.

La aplicación de técnicas estadísticas permitirá la comparación de los diferentes tratamientos y la identificación de tendencias significativas. Además (Holguín *et al.*, 2020), la evaluación de dos aditivos específicos, suero de leche e Inoculante biológico, en el ensilaje de la combinación de Pasto Cuba 22 y Botón de Oro, no solo aporta a la calidad nutricional de la biomasa resultante, sino que también nos invita a implementar prácticas más eficientes y sostenibles en la producción forrajera. Estos aditivos representan una alternativa innovadora para superar las limitaciones inherentes a los pastos tropicales y las variaciones climáticas. Los resultados de la investigación proporcionarán información valiosa sobre la eficacia de suero de leche e Inoculante biológico (Silamix) en la mejora de la calidad bromatológica, ofreciendo directrices prácticas para ganaderos interesados en optimizar sus procesos de ensilaje y, por ende, mejorar la alimentación del ganado. La evaluación detallada de la calidad bromatológica de la biomasa generada por la combinación de Pasto Cuba 22 y Botón de Oro, junto con la influencia de los aditivos durante el ensilaje, permitirá identificar las proporciones óptimas para maximizar la calidad bromatológica de la biomasa. Asimismo, se evaluará la eficacia de los aditivos en la preservación de la calidad nutricional durante el proceso de ensilaje.

La relevancia de este estudio radica en su potencial para optimizar las prácticas de alimentación animal, aprovechando eficientemente los recursos y contribuyendo a la sostenibilidad de la producción ganadera. Los resultados obtenidos tendrán aplicaciones directas en la toma de decisiones de los productores ganaderos, respaldando la adopción de prácticas más eficientes y sostenibles en la alimentación del ganado.

Estado del Arte

Dentro del campo de investigaciones vinculadas al tema en cuestión, se han realizado diversos estudios relacionados con la inclusión de proporciones, debido a las características bromatológicas tanto del pasto Cuba 22 como del botón de oro. Por ejemplo, Rodríguez, Álvarez & López (2022) probaron varias proporciones de pasto Cuba OM22 y botón de oro (*Tithonia diversifolia*) estas fueron: 0:100, 25:75; 50:50; 75:25; 100:00 en conjunto con *Musa sp.* (10%) y melaza fresca (5%) para silos bolsa durante 60 días. Al finalizar el estudio se determinó que el pH no presentó diferencia entre tratamientos, pero las proporciones óptimas fueron de 50 y 75% de *Thithonia diversifolia* debido a la reducción de la FDN hallada que fue de 3,75 puntos por cada incremento de 35%.

Villegas et al. (2017) por su parte, investigó la introducción del ensilaje de *Tithonia diversifolia* en vacas Holstein y Jerhol, y su influencia en la composición de la leche. En este análisis, se determinó que el consumo de materia seca del forraje para T2 (Concentrado comercial + kg de MS animal/día de ensilaje) representaba el 2,13% del peso vivo, sin diferencias significativas, y la producción de leche fue de 15,03 kg/animal/día en comparación con 14,84 kg/animal/día en el tratamiento convencional. Además, no se registraron alteraciones en la composición de la leche, pero sí una reducción de costos del 11% al incluir el ensilaje de botón de oro en la dieta.

Se ha observado que la inclusión de inoculantes en el ensilaje mejora las características del producto final al aumentar su grado de digestibilidad. Esto se debe a la adición de bacterias ácido-lácticas, que facilitan la degradación de los carbohidratos presentes en el silo (Londoño et al., 2019). De tal manera, Gutiérrez et al. (2014), en su estudio llevaron a cabo la valoración del ensilaje generado a partir de la combinación de *Tithonia diversifolia* y pasto *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-169 en proporciones de 80:20, 60:40, 40:60 y 20:80 (Botón de

oro/pasto), las cuales fueron inoculadas con el producto biológico VITAFERT en dosis de 8, 6, 4,5 y 0%. Al término de la investigación, se determinó que al emplear las dosis de 6% y 4,5% del inoculante biológico se lograba un incremento en la proteína bruta y en las cenizas, así como una notable reducción en la Fibra Detergente Neutra (FDN). Por consiguiente, se recomendó el tratamiento de 20% Botón de oro: 80% pasto con una dosis de 4,5%.

Además, se han explorado otras alternativas, como el suero ácido, un subproducto de la industria láctea, como se evidencia en el estudio realizado por Zanin et al. (2022) granos de *Zea mays* mediante la hidratación con suero de leche fluido y suero en polvo hasta alcanzar el 35% de humedad. Después de 45 días de fermentación, se observó una reducción en el contenido de FDA y lignina en ambos tratamientos. Además, se registró un pH de 4,31 en el tratamiento con suero de leche fluido después de 240 horas de exposición al aire. Como resultado, al término de la investigación, se concluyó que la utilización del suero de leche fluido representa una alternativa sostenible para la fermentación de silos. Puesto que, no solo mejora la digestibilidad del producto final, sino que también aumenta la estabilidad aeróbica del ensilaje.

Objetivos

Objetivo General

Determinar la calidad bromatológica de la biomasa del Pasto Cuba 22 (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) y botón de oro (*Tithonia diversifolia*), en diferentes proporciones y dos aditivos para ensilaje.

Objetivos Específicos

Elaborar un alimento conservado (silo), para la alimentación de ganado bovino utilizando Pasto Cuba 22 (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) y botón de oro (*Tithonia diversifolia*), con diferentes proporciones: 80:20, 75:25, 70:30 respectivamente y dos aditivos (suero de leche e Inoculante biológico (Silamix).

Determinar los parámetros bromatológicos del silo, incluyendo la materia seca (%), proteína bruta (%), fibra bruta (%), pH y cenizas.

Analizar la calidad y cantidad de leche producida por vacas lecheras como resultado de la suplementación de la dieta con ensilaje a base de Pasto Cuba 22 (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) y botón de oro (*Tithonia diversifolia*).

Realizar un análisis económico de los tratamientos y la divulgación de resultados.

Hipótesis

Hipótesis Nula

N₀: No existe diferencia significativa en la calidad bromatológica de la biomasa entre las diferentes proporciones de Pasto Cuba 22 (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) y botón de oro (*Tithonia diversifolia*), así como entre los diferentes aditivos para ensilaje.

Hipótesis Alternativa

H_a: Existe al menos una diferencia significativa en la calidad bromatológica de la biomasa entre las diferentes proporciones de Pasto Cuba 22 (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) y botón de oro (*Tithonia diversifolia*), así como entre los dos aditivos para ensilaje.

Marco Teórico

Ensilaje

Debido a las variaciones del clima los crecimientos de los pastizales se restringen ocasionando la escasez de alimento para los animales, el objetivo principal de la conservación de los pastos es cosechar en época de abundancia, almacenar sin perder la calidad y con mínima de pérdida de nutrientes para luego ser dado en época de escasez (León et al., 2018).

El ensilaje es un método de conservación de alimento de manera fermentativa de los carbohidratos solubles de cualquier tipo de forraje mediante la interacción de bacterias, las cuales actúan en condiciones anaeróbicas produciendo ácido láctico provocando un medio ácido el cual inhibe el desarrollo de microorganismos. El ensilaje es suministrado en tiempo de escasez almacenando de una manera idónea conservando la palatabilidad, calidad y con una humedad entre el 60 al 70% (Garcés, 2004).

Las bacterias ácido lácticas (BAC) son capaces de lograr la fermentación láctica de manera espontánea bajo condiciones anaeróbicas, al generarse la acidez se produce una baja del pH del ensilado evitando el desarrollo de microorganismos, los cuales generan la pudrición del mismo (Pineda, Chacón, & Boschini, 2016).

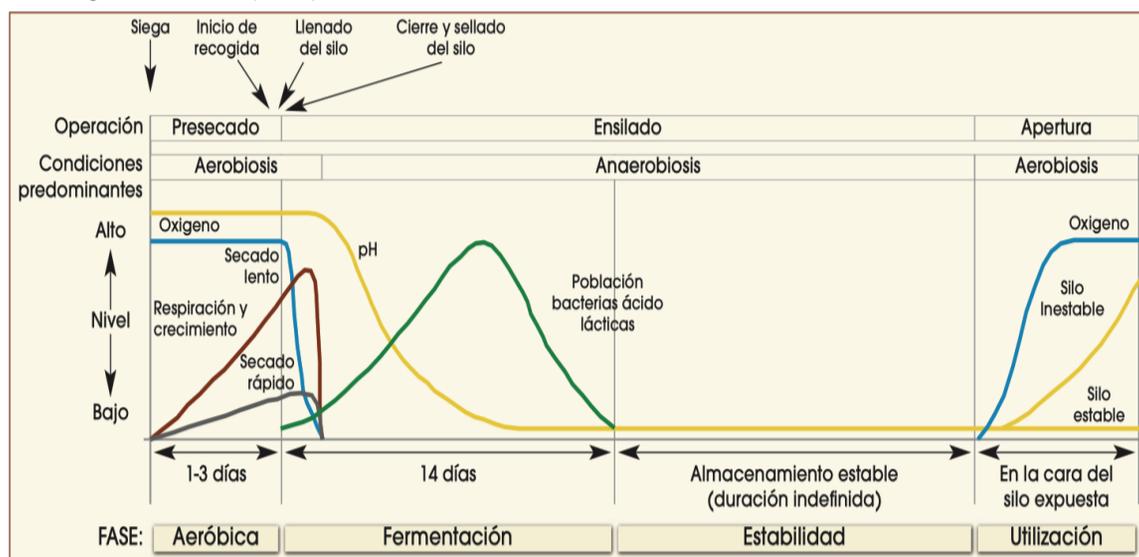
La presencia de oxígeno es perjudicial durante el proceso de fermentación, su existencia habilita la aparición de otros microorganismos aerobios logrando producir la degradación del forraje y producción (Garcés, 2004).

La calidad del ensilaje depende de las materias primas en donde se toma a consideración la altura de corte, el nivel adecuado de la humedad, el tamaño de la partícula, la calidad fermentativa determinada por el nitrógeno amoniacal y la concentración de los ácidos grasos, la resistencia a la compactación y el pH (Hernández & Cuadra, 2014).

Fases del Ensilaje

Figura 1

Cambios que se producen durante el proceso del ensilado.



Nota. Obtenido de: Troncoso (2021).

Fase 1. Fase Aeróbica

En condiciones normales el periodo de duración es de cerca de 3 días, debido a la respiración producidas por los microorganismos facultativos y no facultativos como levaduras, enterobacterias. Durante el proceso disminuye rápidamente el oxígeno presente. Así mismo existe actividad enzimática como la proteasa y las carbohidrasas, siempre que el pH se mantenga dentro de lo normal su rango es de (pH 6,5-6,0) (Martinez, 2020).

La presencia de las levaduras en el ensilaje es indeseable, ya que bajo condiciones anaerobias fermentan los azúcares produciendo etanol y CO₂. La producción de etanol hace que disminuya los azúcares necesarios para la producción de ácido láctico y el producto lácteo obtiene un mal sabor. Además, en condiciones aeróbicas las levaduras degradan el ácido láctico

elevando el pH del ensilado, cediendo al crecimiento de otros microorganismos no deseados (Garcés, 2004).

Fase 2. Fase de Fermentación

La fase de fermentación o anaeróbica las bacterias aeróbicas mueren y dan paso al desarrollo de bacterias anaeróbicas esta fase puede durar días o semanas el cual depende principalmente de las características del material ensilado y de las condiciones ambientales, dando el desarrollo de las bacterias ácido-lácticas (BAC). En esta etapa del ensilaje, el pH en este periodo disminuirá entre (3,8-5,0) (Martinez, 2020).

La mayoría de las (BAC) pertenecen a la microflora de los vegetales. Los (BAC) pertenecen a los géneros: *Lactobacillus*, *Leuconoscotoc*, *Pediococcus*, *Lactococcus*, *Streptococcus*. La gran mayoría de ellos son mesófilos los cuales crecen en un rango de temperatura que va desde los 5°C y 50°C, estos son capaces de disminuir el pH del ensilado hasta 4 y 5.

Fase 3. Fase Estable

En esta etapa la fermentación se detiene debido a la falta de azúcares. Así mismo los valores de pH se mantienen estables, los microorganismos en esta fase lentamente disminuyen su presencia, algunos sobreviven este periodo, pero se mantienen inactivos en forma de esporas.

Fase 4. Fase de Deterioro Aerobio

En este periodo el ensilado está listo para ser proveídos a los animales, la fase de deterioro se trata de que al ser expuestos al aire empieza el periodo de deterioro. Empieza la degradación de los ácidos orgánicos que conservan el ensilaje, se eleva la temperatura y se activan los microorganismos que deterioran el ensilado por la presencia de mohos, enterobacterias etc. (Martinez, 2020).

Aditivos

El uso de aditivos mejora la fermentación del ensilado se pueden utilizar diferente tipo de aditivos con la finalidad de acelerar el proceso, dentro de ellos se encuentra el maíz triturado, la melaza, pulpa de cítricos. Estos son fuentes de azúcares el cual las bacterias utilizan para producir ácido láctico (Pineda, Chacón, & Boschini, 2016).

Pineda (2016), menciona que el uso de aditivos facilita y favorece el proceso de fermentación para que actúe sobre la base de un contenido de materia seca que va desde el 28% y 35%, con una cantidad mínima de azúcares de 8% al 12% facilitando la reducción del pH con valores de 3,8 – 4,2 generando un ensilaje de buena calidad.

Entre otros tipos de aditivos se encuentran los inóculos que están disponibles comercialmente y contienen bacterias que producen ácido láctico. Las enzimas representan otro tipo de aditivo las cuales contienen proteínas que actúan degradando los carbohidratos. Así mismo se encuentra los *Bacillus spp.* es uno de los más utilizados, algunas son sustancias fungitóxicas utilizadas para inhibir el proceso de deterioro aeróbico del ensilaje (Barros, 2017).

Montesdeoca & Gutierrez (2017), en su investigación demostraron que la combinación con suero de leche, melaza más agua, disminuyen el pH y aumenta la concentración de ácido láctico.

Características de un Ensilaje de Buena y Mala Calidad

Según León, Bonifáz, Gutiérrez (2018), en su libro de pastos y forrajes el ensilaje debe ser valorado tomando en cuenta sus características cualitativas y cuantitativas; dentro de las características cualitativas se valora el olor, color, presencia de o ausencia de hongos y palatabilidad; dentro de las cuantitativas se encuentra el pH, el amoníaco, humedad y MS.

Un buen ensilaje debe poseer las siguientes características:

Tabla 1

Características organolépticas, pH, nitrógeno amoniacal, humedad, de un ensilaje de buena y mala calidad.

Parámetros	Ensilaje de buena calidad	Ensilaje de mala calidad
pH	4,0	5,5
Nitrógeno amoniacal	1,0	4,0
Color	Verde amarillento	Negro
Olor	Agradable	Pútrido, acético, amoniacal
Apariencia	Ausencia de hongos	Presencia de hongos
Humedad	70%	>70% 0 <60%
Sabor	Apetecible al ganado	Rechazo por el ganado

Nota. Obtenido de: León, Bonifáz, Gutiérrez (2018).

Generalidades del Pasto Cuba

Pasto Cuba 22

Pasto Cuba 22 es una derivación del cruzamiento entre el Pasto King Grass y Elefante obteniendo un híbrido con las bondades de los dos (Pineda,2017). Su medio de propagación es por estolones, es resistente a las inundaciones, insectos, sequia, se desarrolla de manera óptima desde el nivel del mar hasta los 2800, posee abundante follaje. Sus hojas son anchas sin tricomas lo que le diferencia de sus otras especies (Dueñas & Burgos, 2021).

Cerdas, Vidal, & Vargas, (2021), explican que el pasto Cuba 22 es un híbrido entre dos especies tomando como progenitor masculino a *P. pupureum* y como progenitor femenino *P. glaucum Tifton*.

El desarrollo de hojas es abundante durante los primeros 100 días de edad, teniendo un contenido de proteína bruta entre 10-13%. El rendimiento anual es de hasta 20 t MS, 10% más que el King Grass, esto le confiere características de una excelente planta forrajera (Dueñas & Burgos, 2021).

El rendimiento de esta variedad depende de varios factores como la humedad, fertilidad, temperatura y edad de corte, con riego y fertilización se obtiene rendimiento entre 30 – 50 t MS/ha/año con riego y fertilización, sin fertilización en condiciones normales ni regadíos oscilan entre 10- 20 t de MS/ha/año.

Taxonomía

Tabla 2

Clasificación taxonómica del pasto Cuba 22.

División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceas
Subfamilia	Panicoideae
Tribu	Paniceae
Género	<i>Pennisetum</i>
Especie	sp (<i>P. Purpureum</i> x <i>P. Thyphoides</i>)
Nombre científico	<i>Pennisetum</i> sp
Nombre común	Cuba OM-22

Nota. Obtenido de: Dueñas (2021)

Edad de Corte

Márquez, Sánchez, Urbano, & Dávila (2007) menciona que la edad de corte tiene una gran influencia con lo que respecta en la calidad al igual la proteína cruda disminuye. Así mismo Clavijo (2016), en el manual de forraje para la producción de Cuba 22 destaca que el primer corte esta entre los 90 días y los intervalos entre corte van de 45 – 60 días.

Por otro lado, la calidad del ensilaje del pasto Cuba – 22 es influenciada por la edad de corte, en su estudio observaron que la materia seca tiende a aumentar con el incremento de la edad de corte, a los 90 días alcanzaron en su investigación 21,6 % MS, a los 75 días 20,52% de MS, a los 60 días 18,58% MS, y finalmente a los 45 días 17,77 de MS. Piñeiro et al (2004), destaca que los mejores porcentajes de materia seca para un buen ensilaje son entre 20-30%, resultados mayores o menores disminuyen la calidad nutritiva.

El mismo autor destaca que el contenido de proteína cruda (PC) del ensilaje del pasto Cuba 22 está influenciado por la edad de corte demostrando un descenso lineal de la (PC) a medida que pasa los días, esto puede estar relacionado a que los compuestos nitrogenados se degradan debido a la madurez de los pastos.

Tabla 3

Efecto de la edad de corte sobre el contenido proteico del ensilaje de pasto Cuba-22.

Días	Proteína (%)
45	15,09
60	13,64
75	11,08
90	9,27

Nota. Obtenido de: Dueñas (2021).

Altura de la Planta al Momento del Corte

La altura de la planta al momento del corte es otro factor para considerar, este permitirá incrementar la relación espiga/panoja, logrando aumentar la digestibilidad del ensilaje.

En la presente tabla se muestra la composición química tomando en cuenta el tiempo de corte.

Tabla 4

Composición química por levantar el tiempo de corte.

Tiempo de corte	Composición química			DIVMS (%)
	Proteína (%)	Fibra (%)	Ceniza (%)	
45	17	22	12	66,9
60	15	26	9	68,7
90	10	29	7	70,7

Nota. Obtenido de: León, Bonifáz, & Guitierrez (2018).

Generalidades de *Tithonia diversifolia* (TD)

Tithonia diversifolia (TD), es proveniente de México y está distribuida en los trópicos húmedos es conocida como botón de oro, es de tipo arbusto muy usado en cercas vivas para la recuperación de los suelos, su altura puede llegar hasta los 4 m, es usado en alimentación para animales, abono verde, se puede propagar con el uso de material vegetativo o semilla, esta planta tiene algo peculiar pues consigue absorber el fósforo del suelo y está asociada a las micorrizas lo que se le deduce su facilidad de absorberlo (Mejía, Mahecha, & Angulo, 2017).

El mismo autor señala que por su fácil manejo y establecimiento y la rusticidad que posee y la resistencia al corte y ramoneo ha sido reconocida como una planta promisoría, cuyo forraje presenta alto contenido nutricional.

Rodríguez, Alvarez, & López (2022) destaca en su investigación que la inclusión de *T. diversifolia* afecta las características físicas del ensilaje, sobre todo en la textura y el color, así mismo cambian la concentración de materia seca disminuyeron al igual que la fibra detergente neutra (FDN), así mismo aumento los contenido de (PC), y carbohidratos no fibrosos, el pH no fue diferente, se considera que las mezclas con nivel de inclusión de 50 y 75% de botón de oro permiten obtener un silo con excelente calidad para dietas de rumiantes.

Taxonomía

Tabla 5

Clasificación taxonómica del T. diversifolia.

Clase	Eudicotyledoneae
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Subfamilia	Asteroideae
Tribu	Heliantheae
Género	<i>Tithonia</i>
Especie	<i>T. diversifolia</i>
Nombre común	Botón de oro

Nota. Obtenido de: Holguín (2018).

Gonzales, Sosa, López, & Stool, (2022) menciona en su investigación a partir de las evaluaciones realizadas organolépticas subjetivas observaron que con los diferentes

tratamientos obtuvieron silos de buena calidad e idóneas características, con color amarilloso o café verdoso, con un olor agradable, ligeramente ácido deduciendo que sería una alternativa de conservación de forrajes. Dentro del (pH) obtuvieron resultados de 4,02 – 4,30, asegurando una buena fermentación. Así mismo la (PB) demostraron que a medida que aumento el contenido de (TD) en la mezcla encontraron valores que se encuentran dentro del rango (4-11% PB). Además, tuvieron una disminución del FDN mientras aumentaban la TD de un valor de 64,29% a 56,28% con estos resultados verifican la calidad del ensilaje.

Indicadores Nutricionales del Pasto

Materia Seca

La materia seca indica cómo está formado el pasto y consta de dos partes una orgánica (proteínas, lípidos, carbohidratos y fosforo) que son minerales y una inorgánica (principalmente potasio y silicio), se representa como el peso total del alimento menos su contenido de agua, esta es expresada en porcentaje.

Proteína Cruda

La proteína cruda también se refiere al porcentaje de proteína que un alimento posee o al contenido de nitrógeno total (Rodríguez, Borges, Gutiérrez, Gómez, & Moreira, 2017). Así mismo el contenido de proteína cruda de un buen ensilaje va desde (9%-14% PB) (McDonal, 2011).

Este valor se lo alcanza después de haber realizado un análisis químico, siendo un nutriente esencial en el organismo y principalmente es un nutriente especial en los animales que se encuentran en crecimiento y producción. De tal manera la proteína en los forrajes es muy importante, siendo el contenido de proteína mayor en leguminosas y en gramíneas este puede variar entre un 3% en una gramínea tropical muy madura y más del 30 % en una pastura muy tierna y fertilizada (Dueñas & Burgos, 2021).

En el manual de pasto y forrajes el contenido de proteína mostrado en la siguiente tabla:

Tabla 6

Niveles de contenido de proteína de pastos y forrajes.

>20	Muy alta excesiva	Provocan exceso de NH ₃ . Elevado costo de alimentación. Suplementar con granos de alta degradabilidad ruminal.
16-20%	Alta	Leve exceso de NH ₃ . Aseguran un adecuado funcionamiento ruminal
8-12%	Baja	Inadecuado para la producción de leche y para buenas ganancias de peso
<7%	Muy Baja	Diferencia de NH ₃ . Se puede suplementar con urea

Nota: Obtenido de: (León, Bonifáz, & Guitierrez, 2018).

Fibra

La fibra dentro de la dieta contribuye el mejoramiento del metabolismo con un mejor desarrollo tracto digestivo más funcional siendo un componente clave para la elaboración o formulación de piensos para animales, mejora la estructura y la consistencia de las heces en los animales. La fibra mucha de las veces suele ser insoluble esta no es digerida. La fibra se incrementa en el pasto a medida que avanza su crecimiento esta no debe ser muy baja en vista de que el pasto en el estómago sería muy rápido produciendo una diarrea fisiológica. Concluyendo que se debe considerar la edad de cosecha para poder obtener un contenido de FDN entre 28 – 36%. En la dieta de ganado en producción lechera el porcentaje de FDN sería entre 34-36% mientras que en alto potencial de producción el porcentaje 28 – 30% (León et al., 2018).

Si la dieta contiene insuficiente fibra, el alimento sería rico en almidones y azúcares produciendo acidosis ruminal. La fibra en la elaboración de mezclas debe estar de forma efectiva. Por lo tanto, si el alimento posee más del 55% de fibra existe limitaciones de consumo. Así entonces, la fibra cruda indica la porción más digestible del alimento ya que al aumentar baja la calidad del alimento (INIA, 2018).

Ceniza

La medición de la ceniza es importante y mediante se puede determinar la cantidad de minerales que contiene la muestra o materia inorgánica. El calcio, el fósforo y el magnesio son indispensable en las dietas para el buen desarrollo y funcionamiento y garantizar una dieta sana y equilibrada (INATEC, 2016). El contenido promedio de cenizas suele ser 3 – 5% en el maíz, 6 - 8% en pasto, del 8 al 10% en leguminosas. Los laboratorios determinan si existe contaminación de cenizas cuando el ensilaje presenta descomposición clostridial, altos niveles de amoníaco.

Aditivos

Los aditivos estabilizan el ensilado, son productos que ayudan a la fermentación, estos sirven para brindar fuentes de azúcares solubles los cuales son utilizados para producir ácido láctico permitiendo crear condiciones óptimas para la conservación del ensilaje (Dueñas & Burgos, 2021). Si el forraje ensilado posee niveles de humedad superiores al 70%, los aditivos garantizan que los niveles de azúcares sean suficientes para realizar el proceso de ensilaje, el ensilaje de maíz y de sorgo no necesita de azúcares.

Inoculante Biológico (Silamix)

Es un aditivo para todo tipo de ensilados el cual posee bacterias ácido-lácticas. La aplicación de (Silamix) controla y domina la fermentación ácido-láctica asegurando un ensilaje de buena calidad el aditivo contiene *Enterococcus faecium*, *Pediococcus pentosaceus*, y

Lactobacillus plantarum. Los mejores resultados se encuentran con una adición del 25 – 35% de materia seca (IBAY).

Su acción se basa en el descenso rápido del pH, siendo su principal ingrediente el ácido fórmico que posee una inclusión de ácido propiónico, controla y domina la fermentación ácido-láctica garantizando una excelente fermentación.

Suero de Leche

El suero de leche es un residuo generado por las fábricas de queso, este residuo ha sido utilizado para la alimentación animal. El suero de leche al ser añadido como aditivo para el ensilaje provoca una baja del pH que inhibe el crecimiento de microorganismos indeseados. Según estudios realizados la adición de suero de leche al 2 – 5 % disminuye la degradación de la proteína, decrece el pH, no aumenta la cantidad de afluentes, pero aumenta la pérdida de materia seca (Aguirre, Azana, & Fagalde, 2005).

Tabla 7

Composición nutricional del suero de leche.

Componentes	Valores
Grasa	0,6
Densidad	27,11
Lactosa	4,01
Proteína	2,69
Sales	0,59
pH	6,5-6,8

Nota. Tabla de autoría propia, muestra los valores obtenidos del análisis de los componentes químicos del suero.

Metodología

Ubicación del Área Experimental

Ubicación Política

País: Ecuador

Provincia: Santo Domingo de los Tsáchilas

Cantón: Santo Domingo

Parroquia: Luz de América y Alluriquín

Dirección: Km 24 vía Santo Domingo- Quevedo y km 16 vía Santo Domingo-Quito

Ubicación Geográfica

La investigación académica se realizó en la Hacienda Zoila Luz, ubicada dentro de las instalaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" en Santo Domingo, concretamente en el invernadero de especies forestales y en el laboratorio de bromatología.

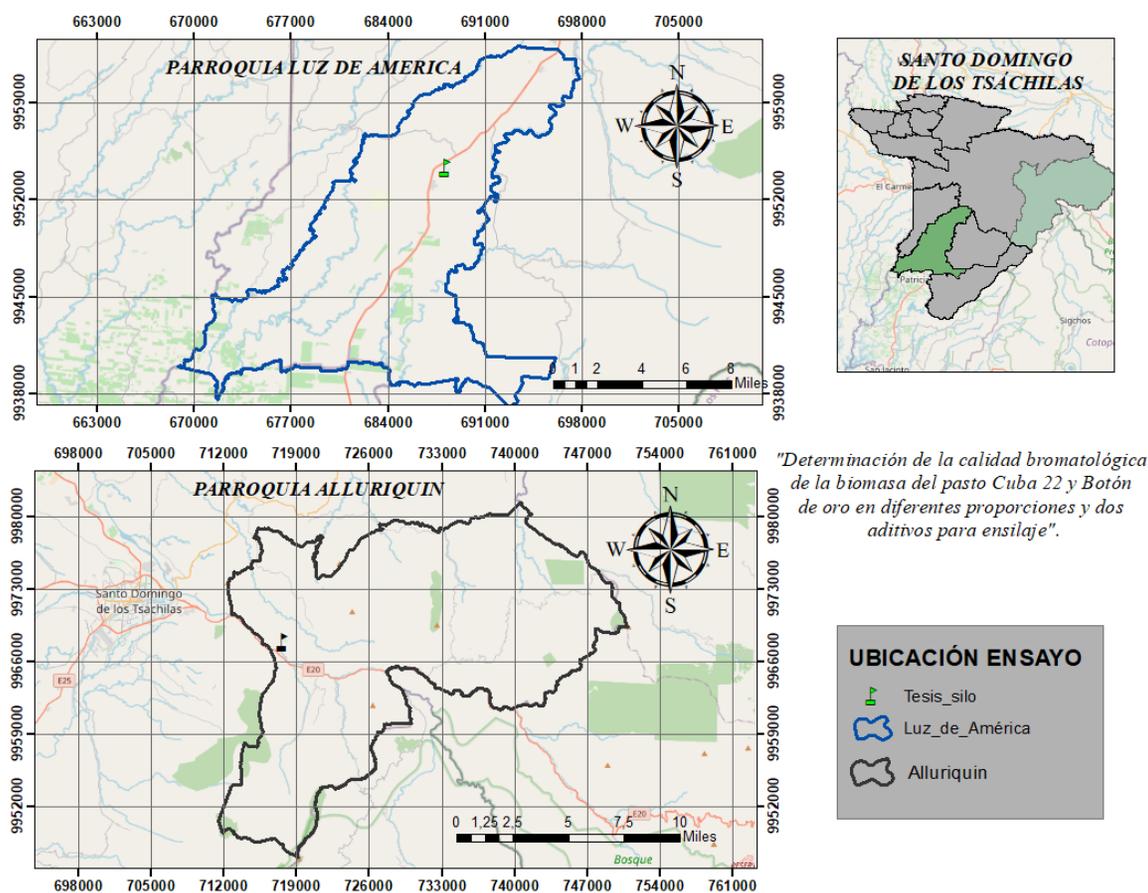
Coordenada X: 688167,72 m

Coordenada Y: 9954357,92 m

Zona: 17 M

Figura 2

Mapa de ubicación geográfica de los lugares en donde se llevó a cabo la investigación.



Ubicación Ecológica

Zona de vida:	Bosque Húmedo Tropical
Altitud:	270 msnm
Precipitación:	2980 mm
Humedad relativa:	89%
Temperatura:	24 – 26 °C
Heliofanía:	660 horas luz

Materiales

Elaboración del Ensilaje

Tabla 8

Elementos esenciales requeridos para el ensilaje.

Materiales	Equipos	Insumos	Muestras
Bolsas de polietileno para empaque al vacío	Balanza	Melaza	Cuba 22
Fundas de silo de 50 kg	Máquina selladora envasadora al vacío portátil	Suero de leche	Botón de oro
Bomba de fumigar		Inoculante biológico	
Picadora de pasto			
Machete			
Libreta de campo			
Esferográfico			

Nota. Tabla de elaboración propia.

Análisis de Proteína

Tabla 9

Elementos esenciales requeridos para el análisis proteína bruta.

Equipos	Reactivos	Insumos	Muestras
Balanza	Ácido sulfúrico Concentrado	Mortero	Ensilaje
Unidad digestora	Hidróxido de sodio al 35%	Tubo de destilación	
Unidad de destilación	Tabletas catalizadoras	Matraces	
Equipo de titulación	Ácido bórico al 2%	Pipetas	
Soborna	Ácido clorhídrico 0.1N	Vasos de precipitación	
Estufa	Indicador Kjeldahl		

Nota: Materiales utilizados en el laboratorio de Bromatología y Biociencias de la ESPE.

Análisis de Fibra**Tabla 10***Elementos esenciales requeridos para el análisis de fibra.*

Equipos	Reactivos	Insumos	Muestras
Balanza	H ₂ SO ₄ 0,128M	Crisoles	Ensilaje
Equipo Dosi-fiber	KOH	Probeta	
Bomba de vacío	Agua destilada	Pisetas	
Estufa	Acetona	Matraces	
Mufla	Octanol		

Nota: Materiales utilizados en el laboratorio de Bromatología y Biociencias de la ESPE.

Análisis de Ceniza**Tabla 11***Elementos esenciales requeridos para el análisis de ceniza.*

Equipos	Insumos	Muestras
Balanza	Crisoles	Ensilaje
Estufa		
Mufla		

Nota: Materiales utilizados en el laboratorio de Bromatología y Biociencias de la ESPE.

Análisis de Materia Seca**Tabla 12***Elementos esenciales requeridos para el análisis de materia seca.*

Equipos	Insumos	Muestras
Balanza	Crisoles	Ensilaje
Estufa		

Nota: Materiales utilizados en el laboratorio de Bromatología y Biociencias de la ESPE.

Análisis de pH

Tabla 13

Elementos esenciales requeridos para el análisis de pH.

Equipos	Insumos	Muestras
Balanza	Mortero	Ensilaje
pH-metro	Vaso de precipitación	
Agua destilada		

Nota: Materiales utilizados en el laboratorio de Bromatología y Biociencias de la ESPE.

Análisis de la leche

Tabla 14

Elementos esenciales requeridos para el análisis de la leche.

Equipos	Insumos	Muestras
Maquina Lactoscan	Vaso de precipitación	Leche
pH-metro		

Nota: Materiales utilizados en el laboratorio de Bromatología y Biociencias de la ESPE.

Métodos

Manejo del Experimento: Fase de Campo (Preparación del Ensilaje)

Para la elaboración del ensilaje, se seleccionó el pasto Cuba 22 con 65 días de crecimiento y una altura promedio de 1,60 m, junto con el botón de oro de 60 días las cuales fueron cosechadas y se almacenadas en el vivero forestal. Posteriormente, se procedió a picar los forrajes por separado con una picadora específica para pasto. Después, se aplicaron los aditivos y las proporciones establecidas de los forrajes a ensilar para cada uno de los tratamientos establecidos, siendo estos: T1) 80% C22 + 20% de BO con suero de leche T2) 80% C22 + 20% de BO con Inoculante biológico (Silamix) T3) 75% C22 + 25% BO con suero de leche T4) 75% C22 + 25% BO con Inoculante biológico (Silamix) T5) 70% C22 + 30% BO con suero de

leche y T6) 70% C22 + 30% BO con Inoculante biológico (Silamix); obteniendo 6 tratamientos con 4 repeticiones cada uno, los aditivos fueron aplicados manualmente con una bomba pulverizadora para asegurar una distribución uniforme. Además, se añadió melaza como fuente adicional de energía. Luego, se colocó lo preparado en bolsas de polietileno para empaque al vacío de 25 x 35 cm, se procedió a etiquetar cada tratamiento y fueron selladas utilizando una máquina de sellado al vacío. Por último, las 24 bolsas preparadas se almacenaron en fundas plásticas negras de 50 kg para mantenerlas en oscuridad y sin presencia de humedad, conservadas durante un periodo de 30, 45 y 60 días.

Manejo del Experimento: Fase de Laboratorio (Análisis Bromatológico)

Análisis de proteína

El cálculo del % de proteína bruta se realizó por el método de Kjeldahl con muestras previamente secadas en la estufa, se utilizó 0.3 gr de cada tratamiento y se colocaron en diferentes micro-tubos añadiendo en cada uno una tableta catalizadora y 5ml de ácido sulfúrico concentrado. Posteriormente, se colocaron en el digestor hasta que llegue a 420°C en un tiempo promedio de 30 minutos. Luego, se dejó enfriar a temperatura ambiente, se aplicó 10 ml de agua destilada y se llevó al sistema de destilación junto con un matraz con 50 ml de ácido bórico al 2% en un tiempo de 5 minutos, se recogió 200 ml de destilado y se colocó 3 gotas del indicador. Finalmente se tituló con ácido clorhídrico 0.1 N utilizando un agitador mecánico y se registró el volumen de ácido consumido en cada uno de los tratamientos. Se aplicó la fórmula utilizada por ITW Reagents, (2024).

$$\%PB = \frac{(VHCL - Vb) * 1.401 * NHCL * F}{Peso\ de\ la\ muestra\ (gr)}$$

Donde:

VHCL = Volumen del ácido clorhídrico consumido en la titulación

Vb = Volumen del Blanco (0.3)

1.401 = Peso atómico del Nitrógeno

$NHCL$ Normalidad del Ácido Clorhídrico 0.1N

F = Factor de conversión (6.25)

Análisis de Fibra Bruta

Se calculó el porcentaje de fibra en el análisis mediante el método de Weende, utilizando muestras previamente secadas. Las muestras fueron sometidas a un proceso de extracción, filtrado y enjuague en el extractor Dosi-Fiber. Para obtener los resultados, se utilizó la siguiente fórmula aplicada por Casallas, (2014):

$$\%FB = \frac{W1 - W2}{W_o} * 100$$

Donde:

$W1$ = Peso del crisol + muestra seca

$W2$ = Peso del crisol + muestra calcinada

W_o = Peso de la muestra

Análisis de Ceniza

Para la determinación de ceniza se tomó 2 gramos de cada muestra previamente secada. Estas muestras se colocaron en crisoles secos y pre-pesados, luego se introdujeron en la mufla y se mantuvieron a una temperatura de 600°C durante un período de 3 horas. Tras este proceso, se dejó enfriar en un desecador durante 30 minutos antes de volver a pesar. Para el cálculo se aplicó la siguiente fórmula usada por Prado *et al.*, (2012)

$$\%C = \frac{W2 - W1}{W_o} * 100$$

Donde:

W_2 =Peso del crisol + muestra calcinada

w_1 =Peso del crisol vacío

W_o =Peso de la muestra (gr)

Análisis de Materia Seca

Para el análisis de la materia seca se realizó por duplicado. Primero, se calentó el crisol de porcelana durante 30 minutos en la estufa, el cual iba a contener la muestra, y luego se dejó enfriar a temperatura ambiente antes de pesarlo. Después, se homogeneizó la muestra y se pesó 2 gramos. Posteriormente, se colocó en la estufa a una temperatura de 105°C durante 12 horas. Después se retiró y se dejó enfriar en el desecador durante media hora antes de proceder a pesarlo. Para su cálculo se aplicó la siguiente fórmula aplicada por García, (2019).

$$\%H = \frac{W_2 - W_1}{W_o} * 100$$

Donde:

W_2 =Peso del crisol + muestra seca

W_1 =Peso del crisol + muestra antes del secado

W_o =Peso de la muestra (gr)

$$\%MS = 100 - H$$

Donde:

MS: Materia seca

H: Humedad

Análisis de pH

Para el análisis de pH se tomó varias muestras de diferentes partes del silo para que exista una representación precisa del resultado, estas muestras se mezclaron bien antes de

extraer la cantidad necesaria a usar de la mezcla se escogió 20g de muestra y se añadió en un mortero junto con 20 ml de agua destilada para crear una suspensión. Después, se trasladó la muestra en suspensión al ph-metro para realizar la medición, finalmente se colocó el medidor de pH dentro de la solución y se esperó el resultado. Tal procedimiento se realizó 3 veces por cada tratamiento sacando una media de las lecturas adquiridas. Dicho método es utilizado por Hernández & Cuadra, (2014).

Análisis de la Leche

El análisis de la leche se lo realizó cada 6 días a partir de la primera alimentación con el silo a evaluar, se tomó 50 ml de muestra para inmediatamente llevar a cabo el análisis. Se colocó la muestra en un vaso de precipitación esterilizado y se procedió a ubicarlo en la máquina de análisis Lactosan obteniendo los resultados en un tiempo aproximado de 3 minutos. Además, con un pH-metro se realizó la medición, esta se realizó 3 veces para obtener un promedio de las lecturas obtenidas.

Diseño Experimental

Tabla 15

Factores a probar.

Factores	Simbología	Niveles
Proporciones (A)	a ₁	(80:20)
	a ₂	(75:25)
	a ₃	(70:30)
Aditivos (B)	b ₁	Suero de leche
	b ₂	Inoculante biológico

Nota: La tabla muestra los 2 factores a probar siendo estas proporciones (A) y aditivos (B).

Tratamientos a Evaluar

Tabla 16

Descripción de los tratamientos sujetos a evaluación.

Tratamiento	Código	Descripción
T1	a ₁ b ₁	(80:20) + Suero de leche
T2	a ₁ b ₂	(80:20) + Inoculante biológico
T3	a ₂ b ₁	(75:25) + Suero de leche
T4	a ₂ b ₂	(75:25) + Inoculante biológico
T5	a ₃ b ₁	(70:30) + Suero de leche
T6	a ₃ b ₂	(70:30) + Inoculante biológico

Nota: En la presente tabla se observan los 6 tratamientos evaluados.

Tipo de Diseño

El estudio se realizó con un diseño experimental bifactorial (3x2) conducido en un diseño completamente al azar (DCA), en el cual se examinaron tres niveles para A (proporciones) y dos niveles para B (aditivos) siendo estos 6 tratamientos con 4 repeticiones teniendo en total 24 unidades experimentales.

Además, se administraron dos tratamientos a un conjunto de dos vacas lecheras, lo que resultó en un total de cuatro unidades experimentales para investigar la respuesta a la suplementación en vacas lecheras.

Análisis Estadístico**Tabla 17***Esquema del ADEVA.*

FV		GL
Réplicas	r-1	3
Proporciones (A)	A-1	2
Aditivos(B)	B-1	1
Interacción (A x B)	(A-1) (B-1)	2
Error	$GL_{T_0} - GL_A - GL_B - GL_{A*B}$	18
Total	(n-1)	23

Nota: Se presenta la descomposición de la varianza para los análisis de los resultados obtenidos.

Análisis Funcional

Se empleó la prueba de LSD Fisher al 5% para analizar las diferencias entre las medias de los tratamientos.

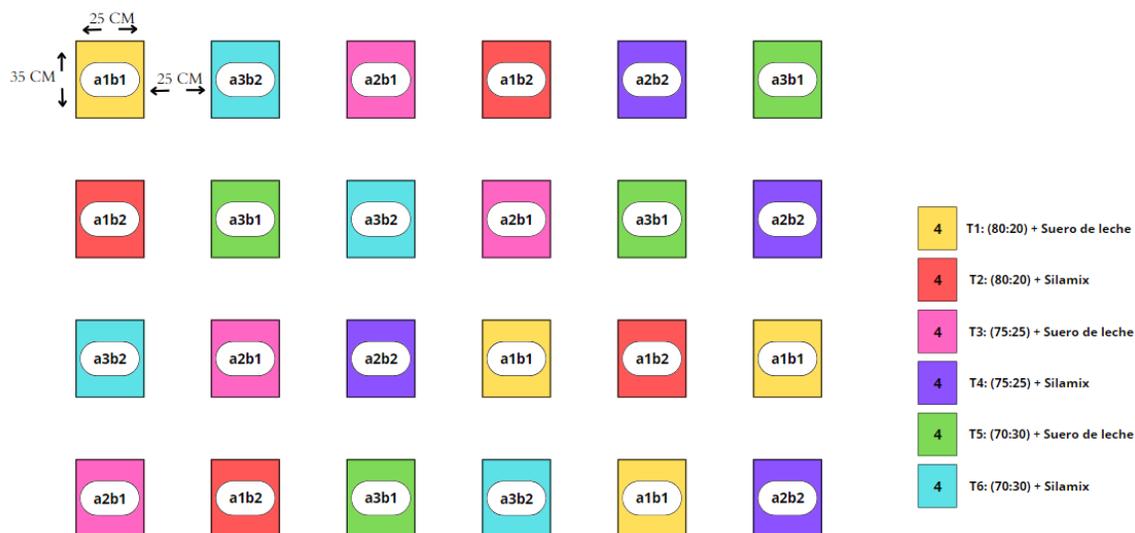
Características de la Unidad Experimental

Número de unidades experimentales:	24 UE
Forma de unidad experimental:	Contenedores de polietileno para empaque al vacío
Ancho de unidad experimental:	25 cm
Largo de la unidad experimental:	35 cm
Área de las unidades experimentales:	875 cm ²
Área neta del ensayo:	21000 cm ²
Área total del ensayo:	3.6 m ²

Croquis del Ensayo

Figura 3

Croquis de distribución de las UE.



Nota. Figura de autoría propia, muestra la distribución de las unidades experimentaciones de 6 tratamientos cuatro repeticiones cada uno, dando un total de 24 unidades experimentales.

Variables de Estudio

- Materia seca (%)
- Proteína Bruta (%)
- Fibra Bruta (%)
- pH
- Cenizas
- Características organolépticas

Leche

- Calidad de la leche

Resultados

Análisis de Proteína

Análisis de varianza

Tabla 18

Análisis de varianza de la variable proteína.

<i>F.V.</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>
Proporciones	5,90	2	2,95	203,37	0,0049
Aditivos	0,70	1	0,70	48,25	0,0201
Error	0,03	2	0,01		
Total	6,63	5			

Nota: Tabla de autoría propia, donde indica que hay diferencia significativa tanto entre las proporciones (80:20, 75:25, 70:30) de pasto Cuba 22 y botón de oro como en los aditivos empleados en cada tratamiento.

En la tabla 18 se muestra los resultados del análisis de varianza del contenido de proteína del ensilaje del pasto Cuba 22 y Botón de Oro aplicado en diferentes proporciones siendo estas: 80:20, 75:25, 70:30 respectivamente y dos aditivos (suero de leche e Inoculante biológico Silamix), con un nivel de significancia al 5%; en donde se observa que hay diferencia significativa en proporciones ($p=0,0049$) de cada uno de los tratamientos.

Así mismo, se observó diferencia significativa en los aditivos aplicados ($p=0,0201$) en el análisis de proteína realizado.

Tabla 19

Comparación de medias de LSD Fisher para la variable proteína.

LSD de Fisher: a1 - a2		LSD de Fisher: a1 - a3		LSD de Fisher: a2 - a3	
Xa1 - Xa2	2,335	Xa1 - Xa3	1,75	Xa2 - Xa3	0,585
nt (número tratamientos)	6	nt (número tratamientos)	6	nt (número tratamientos)	6
k (tratamientos)	3	k (tratamientos)	3	k (tratamientos)	3
$t_{0,025} (3)$	3,182	$t_{0,025} (3)$	3,182	$t_{0,025} (3)$	3,182
CME	0,243	CME	0,243	CME	0,243
LSD	1,569	LSD	1,569	LSD	1,569
[Xa1 - Xa2]	Diferencia	[Xa1 - Xa3]	Diferencia	[Xa2 - Xa3]	No hay
>LSD	Significativa	>LSD	Significativa	<LSD	diferencia
					Significativa

Nota: Tabla elaborada por el autor, que muestra diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con diferentes proporciones de forraje.

La Tabla 19 presenta el análisis de la comparación de medias utilizando el LSD (Least Significant Difference) de Fisher para la variable proteína, centrándose en las comparaciones entre los distintos tratamientos. Al comparar las medias de los tratamientos a1 y a2, se observó una diferencia significativa puesto que el valor $|Xa1-Xa2| > LSD$ ($2,335 > 1,569$), de igual forma para la comparación entre las medias de a1 y a3 hay una diferencia significativa por su valor

$|X_{a1}-X_{a3}| > \text{LSD} (1,75 > 1,569)$. La comparación de medias entre los tratamientos a2 y a3 no alcanzó significancia, siendo su valor $|X_{a1}-X_{a2}| < \text{LSD} (0,585 < 1,569)$.

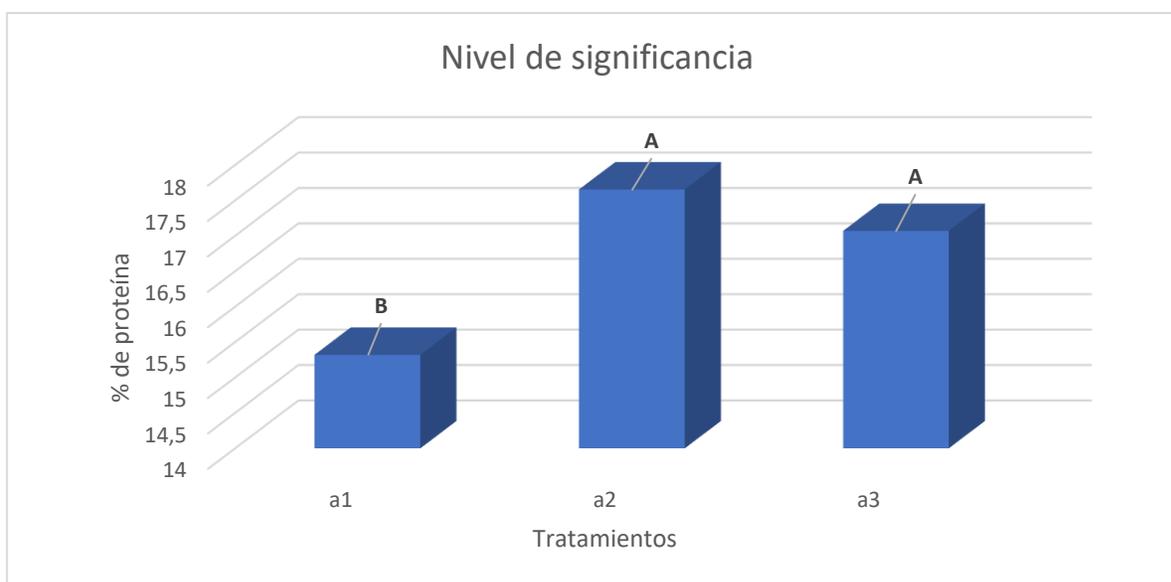
Si el valor de las medias es mayor al valor obtenido en LSD (1,569) se obtiene diferencia significativa entre los tratamientos evaluados. Este análisis permite concluir que existe una diferencia significativa en las medias entre los tratamientos a1 y a2, así como entre a1 y a3. No obstante, no se encontró una diferencia significativa entre las medias de los tratamientos a2 y a3, de acuerdo con el LSD de Fisher.

Según Rodríguez, Álvarez & López (2022) en su estudio sobre la inclusión de *Tithonia diversifolia* al 25% en la calidad de los ensilajes de pasto Cuba OM22 y *Musa sp*, determinaron un nivel de proteína cruda del 9,90%. Mientras que, Gutiérrez et al. (2014) obtuvieron niveles de 11,50 a 12,30% en el ensilaje de botón de oro a los 60 días. Por otra parte, González et al. (2022) al utilizar una proporción de 75% Pasto elefante + 25% Botón de oro, alcanzaron 7,09%. Gutiérrez et al. (2014) en cambio, en su estudio utilizando proporciones 20:80 de Pasto Cuba: Botón de oro, obtuvieron un PB de 7,79%. Estos valores son inferiores a los obtenidos en la presente investigación con respecto a las proporciones 70:30 con 16,63 a 17,51% PB, 75:25 con 17,36 a 17,95% PB y en 80:20 con 15,03 a 15,61% PB. Por lo tanto, los resultados obtenidos se deben a la etapa fenológica o edad del cultivo en la que se realizó el corte, tanto para el pasto Cuba 22 y el Botón de oro, siendo estos de 65 y 60 días respectivamente, momento en el cual manifiesta su máximo nivel de proteína.

La demanda de proteína en el ganado vacuno lechero varía según la etapa de lactación. En la fase temprana, se requiere un contenido de proteína que oscile entre el 18% y el 17%. Durante la fase media de lactancia, este requerimiento disminuye ligeramente, situándose entre el 17% y el 16%. En la fase tardía de lactancia, se necesitan niveles de proteína que estén en el rango de entre el 16% y el 15% (Gutiérrez et al., 2018).

Figura 4

Comparación de medias de LSD Fisher para la variable proteína.



Nota. Gráfica de comparación de medias de LSD Fisher, para la variable proteína de cada tratamiento evaluando diferentes proporciones de Cuba 22 y Botón de oro y dos aditivos.

Análisis de Fibra

Análisis de varianza

Tabla 20

Análisis de varianza para la variable fibra.

<i>F.V.</i>	<i>SC</i>	<i>GI</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>
Proporciones	15,78	2	7,89	26,38	0,0365
Aditivos	0,44	1	0,44	1,46	0,3501
Error	0,60	2	0,30		
Total	16,84	5			

Nota: Tabla de autoría propia donde indica que hay diferencia significativa entre las proporciones de cada uno de los tratamientos aplicados.

La tabla 20 muestra el análisis de varianza correspondiente para el análisis de fibra en donde indica que hay diferencia significativa entre las distintas proporciones ($p=0,0365$) de pasto Cuba 22 y el botón de oro evaluadas a un nivel de significancia del 5%.

Tabla 21

Análisis de la comparación de medias de LSD Fisher para la variable fibra.

LSD de Fisher: a1 - a2		LSD de Fisher: a1 - a3		LSD de Fisher: a2 - a3	
Xa1 - Xa2	3,915	Xa1 - Xa3	1,35	Xa2 - Xa3	2,565
nt (número tratamientos)	6	nt (número tratamientos)	6	nt (número tratamientos)	6
k (tratamientos)	3	k (tratamientos)	3	k (tratamientos)	3
$t_{0,025} (3)$	3,182	$t_{0,025} (3)$	3,182	$t_{0,025} (3)$	3,182
CME	0,341	CME	0,341	CME	0,341
LSD	1,859	LSD	1,859	LSD	1,859
[Xa1 - Xa2]	Diferencia	[Xa1 - Xa3]	No hay diferencia	[Xa2 - Xa3]	Diferencia
>LSD	Significativa	<LSD	Significativa	>LSD	Significativa

Nota: Tabla elaborada por el autor, que muestra diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes proporciones evaluadas.

La Tabla 21 presenta los resultados destacando las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos analizados. Al comparar los tratamientos a1 y a2, se observó una diferencia significativa siendo sus medias $|Xa1-Xa2| > LSD$ ($3,915 > 1,859$). Sin embargo, al contrastar a1 y a3, la diferencia no alcanzó significancia estadística, siendo sus valores $|Xa1-Xa3| < LSD$ ($1,35 < 1,859$). Por otro lado, la diferencia entre medias de a2 y a3 muestra sus valores $|Xa2-Xa3| > LSD$ ($2,565 > 1,859$), mostrando así diferencia significativa. El valor del LSD calculado

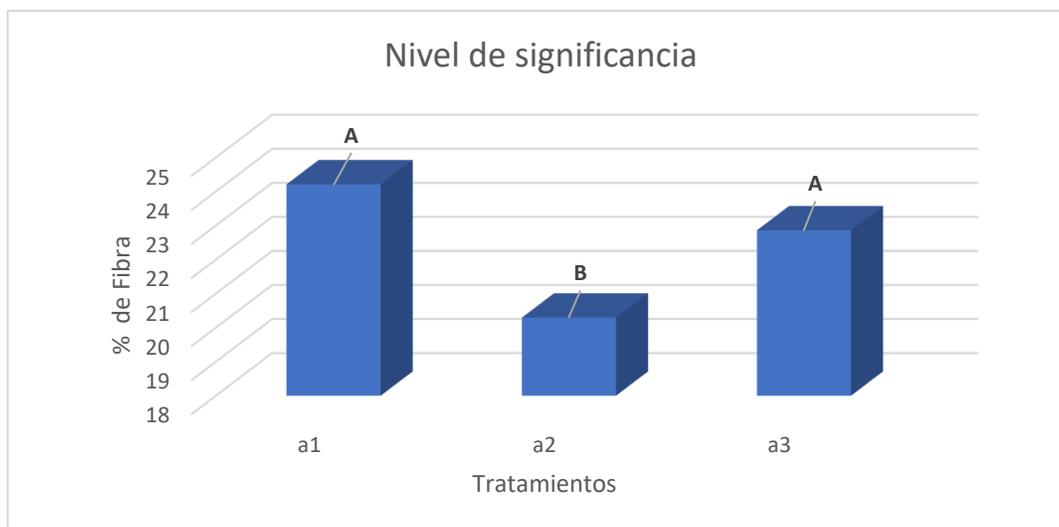
fue de 1,859, utilizando un valor crítico de $t_{0,025}(3)=3,182$ y un CME de 0,341. Por ende, para considerar que dos medias son significativamente diferentes, la disparidad entre ellas debe ser mayor que LSD.

Cerdas R. (2018), destaca que el botón de oro es una especie forrajera ampliamente recomendada debido a sus niveles aceptables de fibra cruda, los cuales han sido determinados entre un rango de 21,80 y 24,34%. Por su parte, el pasto Cuba-22 es reconocido por sus altos niveles de fibra que van de 32,19 a 37,92% según el estudio de Barén & Centeno (2017) en función de la edad de corte. El estudio realizado por Dueñas & Burgos (2021) sobre el ensilado de pasto Cuba-22 reveló un nivel de fibra de 22,75% a los 60 días de evaluación, cifras que se asemejan a los resultados obtenidos en este estudio, los cuales oscilaron entre 20,13% y 24,78%. De acuerdo con Zanin et al. (2022) el ensilaje mejora la digestibilidad de los alimentos al descomponer las fibras vegetales a través de la hidrólisis ácida durante la fermentación anaeróbica, por lo cual, se cree que silamix potenció este proceso aún más, debido a la presencia de bacterias ácido lácticas en su composición (*Enterococcus faecium*; *Pediococcus pentosaceus* y *Lactobacillus plantarum*) (IBAY); mientras que el suero de leche aportó ácido láctico (Yáñez, 2021), lo que podría explicar los resultados obtenidos mediante el uso de aditivos: suero de leche: 20,46 a 23,64% de FB; silamix: 20,13 a 24,78% de FB.

La fibra cruda desempeña un papel crucial en la estimulación de la función ruminal y en el mantenimiento de los niveles óptimos de grasa en la leche. Según Pinos (2012) vacas lecheras requieren un contenido de fibra cruda que oscile entre el 17% y el 22% en la materia seca de su dieta para mantener un equilibrio apropiado. No obstante, si los niveles de fibra exceden el 22%, pueden afectar negativamente la capacidad de consumo de alimento del animal. Por el contrario, si la fibra desciende por debajo del 17%, se evidenciará una disminución en los niveles de grasa presentes en la leche.

Figura 5

Comparación de medias para la variable fibra.



Nota. Gráfica de comparación de medias de LSD Fisher para la variable fibra de cada tratamiento evaluando diferentes proporciones de Cuba 22 y Botón de oro y dos aditivos.

Análisis de Ceniza

Análisis de varianza

Tabla 22

Análisis de varianza para la variable ceniza.

<i>F.V.</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>
Proporciones	0,61	2	0,31	0,53	0,6530
Aditivos	0,59	1	0,59	1,03	0,4177
Error	1,15	2	0,57		
Total	2,35	5			

Nota: Tabla de autoría propia donde indica que no hay diferencia significativa entre las proporciones, así como tampoco en aditivos evaluados.

La tabla 22 presenta el análisis de varianza de la variable ceniza en donde indica que no hay diferencia significativa entre las proporciones evaluadas de Cuba 22 y Botón de Oro ($p=0,6530$) así como tampoco en aditivos aplicados ($p=0,4177$).

Tabla 23

Resultados de los porcentajes de ceniza de los tratamientos evaluados.

Proporciones	Aditivos	Ceniza
80:20	Inóculo biológico (Silamix)	6,95
80:20	Suero de Leche	6,46
75:25	Inóculo biológico (Silamix)	7,15
75:25	Suero de Leche	7,52
70:30	Inóculo biológico (Silamix)	7,5
70:30	Suero de Leche	5,74

Nota. Tabla de autoría propia donde muestra los resultados obtenidos de ceniza de cada uno de los tratamientos.

En la tabla 23, se observan los resultados de ceniza obtenidos a partir de los tratamientos aplicados. Inicialmente, se destaca que las combinaciones que incorporan Suero de Leche tienden a tener medias más bajas en comparación con aquellas que incluyen Inoculante biológico. Por ejemplo, para la proporción de 70:30, la media de ceniza con Suero de Leche fue de 5,74%, mientras que para la proporción de 80:20, la media aumentó ligeramente a 6,46%. En contraste, las combinaciones que contenían Inoculante biológico mostraron medias más altas; para la proporción de 80:20, la media fue de 6,95%, y para la proporción de 70:30, la media aumentó a 7,50%.

Las proporciones de 75:25 exhibieron las medias más altas en general, independientemente del aditivo utilizado. Con Inoculante biológico, se registró una media de 7,15%, mientras que, con Suero de Leche, la media fue ligeramente superior con 7,52%.

En un estudio realizado por Rodríguez, Álvarez & López (2022) al utilizar una combinación de pasto Cuba en un 75% y *Tithonia diversifolia* en un 25%, se registró un contenido de ceniza del 12,50%. En contraste, el estudio de Dueñas & Burgos (2021) reveló un contenido de ceniza del 22,75% en el ensilaje de pasto Cuba-22, utilizando aditivos como melaza, harina de maíz y urea, con una edad de 60 días. Por otro lado, González et al. (2022) obtuvieron un porcentaje de 9% en el silaje de Pasto elefante (75%) + Botón de oro (25%). Aunque los valores de los primeros estudios resultan superiores en comparación con los obtenidos en la investigación principal, el último estudio difiere levemente: 70:30 (7,15 a 7,52); 75:25 (5,74 a 7,50%) y 80:20 (6,46 a 6,95%).

Encalada et al. (2017) expresan que, los niveles de ceniza en el ensilaje son influenciados por la composición mineral de las plantas y el material utilizado, así como por el contenido del suelo, estos dependerán de la fertilización, el momento de la cosecha y las condiciones climáticas en la que haya estado el cultivo. Además, el proceso de biofermentación durante el ensilaje también puede aumentar su contenido. Estos factores interactúan para determinar la cantidad de minerales presentes en el ensilaje final, lo que afecta su calidad nutricional.

Los valores obtenidos de acuerdo con el uso de los aditivos para esta variable fueron: suero de leche con 6,95 a 7,50% y silamix con 5,74 a 7,52%; según Paredes et al. (2014) el aporte de cenizas del suero de leche es de 0,63 a 0,84%, lo que puede ser un determinante debido al contenido mineral de este elemento.

Análisis de Materia Seca

Análisis de varianza

Tabla 24

Análisis de varianza de la variable materia seca.

<i>F.V.</i>	<i>SC</i>	<i>GI</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>
Proporciones	10,73	2	5,37	2,72	0,2690
Aditivos	2,77	1	2,77	1,40	0,3577
Error	3,95	2	1,98		
Total	17,46	5			

Nota: Tabla de autoría propia, donde indica que no hay diferencia significativa entre las proporciones, así como tampoco en aditivos evaluados.

La tabla 24 presenta el análisis de varianza de la variable materia seca del ensilado evaluado en donde no presenta diferencia significativa en las proporciones (80:20); (75:25); (70:30) de pasto Cuba 22 y el Botón de Oro evaluadas ($p=0,2690$), así como tampoco en los aditivos (suero de leche e inoculante biológico) ($p=0,3577$).

Tabla 25

Resultados de materia seca del ensilado evaluando diferentes proporciones y aditivos.

Proporciones	Aditivos	Materia seca
80:20	Inóculo biológico (Silamix)	21,44
80:20	Suero de Leche	20,28
75:25	Inóculo biológico (Silamix)	23,60
75:25	Suero de Leche	24,12
70:30	Inóculo biológico (Silamix)	22,94
70:30	Suero de Leche	19,50

Nota. Resultados obtenidos de los análisis de materia seca de cada uno de los tratamientos.

La tabla 25 presenta los resultados derivados de los tratamientos implementados en este estudio. En la proporción de 70:30, se observa que el resultado con Suero de Leche alcanza el 19,50%, mientras que para la proporción de 80:20, experimenta un ligero aumento hasta 20,28%. En contraposición, las combinaciones que contienen Inoculante biológico muestran porcentajes más elevadas. En el caso de la proporción de 80:20, el porcentaje es de 21,44%, mientras que para la proporción de 70:30, aumenta a 22,94%. Los resultados más destacados fueron la proporción de 75:25 en general, independientemente del aditivo utilizado. Con Inoculante biológico, se registraron porcentajes de 23,60%, mientras que, con Suero de Leche, es ligeramente superior, alcanzando 24,12%.

En relación con el contenido de materia seca, González et al. (2022) en su estudio centrado en los silajes de *Pennisetum purpureum* y Botón de oro en una proporción de 75:25, registraron un porcentaje del 24% para esta variable.

Rodríguez, Álvarez & López (2022) informaron haber alcanzado un contenido de materia seca del 18,40% con una combinación de Pasto Cuba (75%) y Botón de oro (25%). Además, Gutiérrez et al. (2014) determinaron un porcentaje de 37,50% para la materia seca al utilizar una proporción de 20% de Botón de oro y 80% de pasto Cuba. Valores que difieren levemente para las proporciones utilizadas 70:30 (23,60 a 24,12%); 75:25 (19,50 a 22,94%) y 80:20 (20,28 a 21,44%). Con respecto a los aditivos: suero de leche (19,50 a 24,12%) y silamix (21,44 a 23,60%), el contenido de materia seca puede estar vinculada por el aporte de estos elementos que es de 6,35 a 8,24% de MS en el suero de leche (Cumpa & Postigo, 2016); (Paredes et al., 2014). No obstante, de acuerdo con (IBAY), Silamix mejora los contenidos de materia seca debido a la acción de los microorganismos del producto.

En líneas generales, el contenido de materia seca representa un aspecto crucial a tener en cuenta durante el proceso de ensilaje, dado que incide directamente en la fermentación, la

estabilidad microbiológica y la calidad nutricional del producto final. Según Demanet (2011) los estándares, se recomienda que un silo contenga como mínimo un 20% de materia seca. Sin embargo, cuando este porcentaje supera el 25%, se reduce la producción de efluentes, lo que sugiere que lo óptimo en estos casos es mantener el contenido de materia seca dentro del rango de 28 a 35%.

Determinación de pH

Análisis de varianza

Tabla 26

Análisis de varianza para la variable pH.

30 días					
<i>F.V.</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>
Proporciones	0,034	2	0,02	147	0,0068
Aditivos	0,0010	1	0,0010	9,14	0,0942
Error	0,0002	2	0,0001		
Total	0,04	5			
45 días					
<i>F.V.</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>
Proporciones	0,003	2	0,002	0,39	0,7180
Aditivos	0,02	1	0,02	5,85	0,1368
Error	0,01	2	0,004		
Total	0,04	5			
60 días					
<i>F.V.</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>
Proporciones	0,03	2	0,01	1,34	0,4267
Aditivos	0,15	1	0,15	13,55	0,0665
Error	0,02	2	0,01		
Total	0,20	5			

Nota: Tabla de autoría propia, donde indica que hay diferencia significativa entre las proporciones a los 30 días de elaborado el silo, más no en los aditivos aplicados.

La tabla 26 presenta al análisis de varianza de la variable pH en donde indica que hubo diferencia significativa en las proporciones en el día 30 ($p=0,006$), mientras que en los demás días evaluados no hay diferencia significativa tanto en proporciones ni en aditivos evaluados, ya que los resultados muestran un equilibrio e igualdad entre los mismos.

Tabla 27

Análisis de la comparación de medias de LSD Fisher para la variable pH.

LSD de Fisher: a1 - a2		LSD de Fisher: a1 - a3		LSD de Fisher: a2 - a3	
Xa1 - Xa2	0,1	Xa1 - Xa3	0,085	Xa2 - Xa3	0,185
nt (número tratamientos)	6	nt (número tratamientos)	6	nt (número tratamientos)	6
k (tratamientos)	3	k (tratamientos)	3	k (tratamientos)	3
$t_{0,025} (3)$	3,182	$t_{0,025} (3)$	3,182	$t_{0,025} (3)$	3,182
CME	0,00043	CME	0,00043	CME	0,00043
LSD	0,06623	LSD	0,06623	LSD	0,06623
[Xa1 - Xa2] >LSD	Diferencia Significativa	[Xa1 - Xa3] >LSD	Diferencia Significativa	[Xa2 - Xa3] >LSD	Diferencia Significativa

Nota: Tabla elaborada por el autor, que muestra diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con diferentes proporciones de forraje y aditivos para ensilaje con respecto al pH para el día 30.

La Tabla 27 proporciona una visión de las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos según el análisis LSD. Al examinar las disparidades entre los tratamientos a1 y a2, se constató que la diferencia significativa entre sus medias fue de 0.1, mientras que para la comparación entre a1 y a3 fue de 0.085. Ambos resultados se sitúan por encima del valor del

LSD, que fue de 0,06623 obteniendo así diferencia significativa. Del mismo modo, la diferencia entre las medias de a2 y a3 fue de 0.185, también por encima del valor de LSD (0,06623).

La investigación llevada a cabo por Rodríguez et al. (2022) con suero de leche y probioactil determinó valores de 6,5 y 6,4 para pH respectivamente. Rodríguez, Álvarez y López (2022) en su estudio, utilizando una proporción de Pasto Cuba (75%) + Botón de oro (25%) en silaje obtuvo un pH de 3,83. Por otra parte, González et al. (2022) obtuvieron un pH de 4,01 al utilizar Pasto elefante + Botón de oro (75:25). El último dato fue el más cercano al obtenido en este caso para la proporción 80:20 con valores entre 4,24 y 4,25, puesto que 75:25 alcanzó entre 4,33 y 4,36 puntos mientras que, 70:30 obtuvo entre 4,14 y 4,18.

Según, Tirira (2016) y Paredes et al. (2014) el suero de leche proporciona microorganismos ácido-lácticos activos y ácido láctico en 0,46%, que juegan un rol clave durante la fermentación láctica, convirtiendo a los azúcares presentes en el forraje, a ácido láctico, lo que explicaría los resultados obtenidos en cuanto a aditivos: suero de leche con pH de 4,25 y 4,36 mientras que silamix obtuvo pH de 4,24 a 4,33.

De acuerdo con Castro et al. (2020), señalan que los inoculantes o aditivos empleados en el proceso de ensilaje facilitan una reducción adecuada del pH, lo cual contribuye a mejorar la producción y a regular los niveles de NH₃, lo que resulta en un aumento del ácido láctico y en una disminución progresiva del ácido butírico y acético.

Sin embargo, Fernández et al. (2017) expresan que, el pH óptimo de un silo debe ser menor que 4,5, por lo tanto, todos los tratamientos serían adecuados para ensilaje ya que están dentro del rango óptimo y permisible.

Características Organolépticas

Tabla 28

Análisis organoléptico del ensilaje.

CARACTERÍSTICA	30 días	45 días	60 días
Fermentación	Láctica	Láctica	Láctica
Color	Amarrillo Verdoso	Amarrillo Verdoso	Amarrillo Verdoso
Olor	Avinagrado Agradable	Avinagrado Agradable	Avinagrado Agradable
Textura	Muy firme compacto	Muy firme compacto	Muy firme compacto
pH	4,10	4,19	4,30
Humedad	>70%	>70%	>70%
Apariencia	Ausencia de hongos	Ausencia de hongos	Ausencia de hongos
Aceptabilidad	Muy Buena	Muy Buena	Muy Buena

Nota: La presente tabla muestra los resultados obtenidos del análisis organoléptico del ensilaje realizado a los 30, 45, 60 días después de su elaboración.

La tabla 28 presenta los resultados de análisis organoléptico del ensilaje evaluado a los días 30, 45 y 60 al instante de abrir el empaque se presentó una fermentación láctica constante a lo largo del tiempo. Su color fue estable, manteniéndose amarillo verdoso, mientras que el olor fue descrito como avinagrado agradable en todas las etapas.

La textura se mantuvo firme y compacta, indicando una adecuada retención de humedad. Aunque el pH varió ligeramente, se mantuvo dentro de niveles aceptables.

La humedad superó el 70%, lo cual es apropiado para la fermentación. Se destacó también, la ausencia de hongos en todas las evaluaciones. En general, el ensilaje resultó ser altamente aceptable en sabor, textura y apariencia en todas las etapas evaluadas, lo que sugiere una calidad consistente durante el periodo de almacenamiento. Estos resultados son equiparables a los obtenidos por Granados, Wing & Rojas (2014) quienes obtuvieron una fermentación satisfactoria luego de 60 días de ensilaje de pasto estrella africana con melaza.

De acuerdo con Fernández et al. (2017) el método de conservación del forraje se fundamenta en el proceso de fermentación láctica, el cual tiene como objetivo la generación de ácido láctico, lo que conlleva a una reducción del pH por debajo de 5. Los silos muestran atributos distintivos cuando se elaboran apropiadamente. Entre estas características, se destaca la coloración, que puede variar entre tonos amarillos, marrones o verdosos. El aroma, que debe ser agradable, con un toque avinagrado, y la consistencia que debe sentirse firme y no viscosa, lo cual podría propiciar el crecimiento de hongos.

El pH óptimo de los silos generalmente se sitúa por debajo de 4,5, con valores ideales alrededor de 4,2 o incluso menos. Según Orozco (2016) el contenido de humedad debe situarse entre el 62% y el 67%, y adicionalmente, es crucial que el ensilaje sea bien recibido por los animales.

Análisis de la Leche

Tabla 29

Resultados del análisis de la calidad de la leche en función del alimento proporcionado

(Ensilaje de pasto Cuba 22 y Botón de Oro con Silamix y con suero de leche).

Día	Grasa (F)		Lactosa (L)		Proteína (P)		pH		Acidez		Rendimiento (L)	
	Sx	Sl	Sx	Sl	Sx	Sl	Sx	Sl	Sx	Sl	Sx	Sl
0	5,02	5,02	4,58	4,58	3,24	3,24	6,68	6,68	15	15	4,5	5
6	5,14	5,24	4,9	4,9	3,24	3,24	6,74	6,7	15	15	4,5	5
12	4,5	5,31	4,68	4,9	3,26	3,24	6,76	6,77	16	16	4,5	5,25
18	4,75	4,48	4,78	4,91	3,27	3,26	6,71	6,7	16	16	4,5	5,5
21	4,82	4,58	4,68	4,93	3,31	3,36	6,85	6,87	15	15	4,75	5,5

Nota: La presente tabla muestra los resultados obtenidos para la calidad de la leche donde: Sx: silo + silamix; Sl: Silo + suero de leche.

La Tabla 29 presenta los resultados del análisis de la calidad de la leche en función del alimento suministrado, que incluye ensilaje de pasto Cuba 22 y Botón de Oro con Silamix, exhibiendo una diversidad de mediciones a lo largo de diferentes días de evaluación. En términos de la composición de la leche, se observa cierta variabilidad en los parámetros analizados. Por ejemplo, la concentración de grasa osciló entre 4,75% y 5,14%. La lactosa se mantuvo relativamente constante alrededor de 4,58% - 4,9%, mientras que la proteína fluctuó entre 3,24% y 3,31%. Respecto al pH, esta variable se mantuvo en un estrecho rango entre 6,68 y 6,85, indicando cierta estabilidad en la acidez del producto. Además, se destacó que no se detectaron variaciones en el contenido de agua y sales a lo largo del período de evaluación. Estos resultados sugieren una cierta consistencia en la calidad de la leche en términos de estas variables específicas, independientemente del tipo de alimento suministrado. No obstante, es relevante

señalar que el rendimiento de la leche se mantuvo constante en 4,5 litros hasta el día 21, momento en el cual experimentó un ligero aumento a 4,75 litros. Este incremento podría estar relacionado con la alimentación proporcionada en los días previos.

La Tabla 29 también revela los resultados del análisis de la calidad de la leche en relación con el silaje más el suero de leche, donde se nota una marcada variación en la concentración de grasa en la leche, que osciló entre 4,38% y 5,31%, dependiendo del tipo de alimento utilizado. Por otro lado, la concentración de lactosa permaneció constante en el rango del 4,58% al 4,90%, mientras que la de proteína se mantuvo relativamente estable entre el 3,24% y el 3,36%. Respecto al pH, se observó una leve variación entre 6,68 y 6,87, indicando mínimas alteraciones en la acidez del producto. No se detectaron cambios notables en el contenido de agua y sales durante el período de evaluación. Es importante destacar que el rendimiento de la leche experimentó variaciones, iniciando en 5 litros y aumentando gradualmente hasta 5,5 litros hacia el día 18, manteniéndose estable posteriormente. Estos resultados subrayan la influencia del tipo de alimento en la composición y rendimiento de la leche, aspectos esenciales para comprender su calidad y propiedades nutricionales.

Según la norma NTE INEN 11 citada por Cajamarca (2022) el nivel de grasa óptimo para la leche cruda es del 3.5 a 4,25%. Por lo tanto, la leche obtenida a través de la alimentación con silaje con inóculo biológico y silaje con suero de leche cumple con este requisito, registrando un contenido de grasa del 4,12% en el primer caso y 4,17% para el segundo al finalizar los 21 días de evaluación. Es evidente que se produce una reducción gradual en el nivel de grasa a lo largo del tiempo, lo que podría resultar beneficioso si se continúan suministrando este tipo de alimentos.

De acuerdo con Infocarne (2006) la lactosa es el principal azúcar presente en la leche, y sus niveles suelen mantenerse en un rango constante de entre 4,8% y 5,2%. Los resultados

obtenidos durante las evaluaciones coinciden con este rango, ya que para el silo con inoculante biológico, los niveles de lactosa oscilaron entre 4,58% y 4,9%, mientras que para el silo con suero de leche se situaron entre 4,43% y 4,9%.

La leche de vaca es una fuente significativa de nutrientes, especialmente de proteínas, con un contenido que generalmente oscila entre 3% y el 4% (García et al., 2014). Los resultados obtenidos para el contenido proteico, en el caso del silaje con silamix fueron de 3,03 y 3,24%, mientras que en el silo con suero de leche los valores se situaron entre 3,24% y 3,36% confirmando la pertinencia de esta afirmación.

De acuerdo con López et al. (2015), el pH es un indicador crucial para evaluar la estabilidad de los alimentos, ya que ciertos microorganismos dependen de este valor para proliferar y potencialmente alterar la estabilidad del alimento. Los autores explican que el pH normal de la leche se encuentra típicamente en el rango de 6,6 a 6,8. Esto confirma la estabilidad de la leche obtenida en ambos tratamientos, con variaciones entre 6,68 y 6,85 para el silo con inoculante biológico, y entre 6,68 y 6,87 para el silo con suero de leche.

La presencia de ácido cítrico, anhídrido carbónico, caseína, lactoalbúmina, fosfatos y cloruros en la leche contribuye a su acidez natural. En la leche de vaca, esta acidez natural se sitúa típicamente en un rango de 14-18° Dornic (López et al., 2015). Este nivel se confirma en ambos casos evaluados (silo con inoculante biológico y silo con suero de leche), donde se observaron fluctuaciones entre 15 y 16° Dornic.

Angulo et al. (2022) probaron la adición de ensilaje de botón de oro en la producción de vacas Holstein-Friesian demostrando que la producción de leche se mantuvo en un período de evaluación de 50 días con una media de 28,90 litros/vaca/día, situación que se asemeja a la observada en los tratamientos: silo + inoculante biológico con 4,5 a 4,75 litros mientras que el silo + suero de leche mostró un rendimiento situado entre 5 a 5,5 litros que tiende al alza.

Análisis Económico

Tabla 30

Análisis económico para la elaboración de un silo con un cultivo de pasto Cuba y Botón de Oro ya establecido.

Elaboración de silo con pasto Cuba y Botón de oro de cultivos con dimensiones 2500m2 y 2000m2 respectivamente				
Materiales	Unidades	Cantidad	Precio unidad (\$)	Total (\$)
Cosecha Cuba 22	Jornales	2	20	40
Cosecha Botón de Oro	Jornales	2	20	40
Fundas de 50 kg	Unidad	420	0,52	218,40
Melaza	Volumen	20	0,5	10
Suero de leche	Volumen	20	0,5	10
Silamix	Kg	2	8	16
Balanza	Unidad	1	20	20
Alquiler picadora	Unidad	1	15	15
			Total	369,40

Nota. Tabla de elaborada por el autor.

La tabla 30 presenta una proyección de costos para la elaboración de ensilaje de un cultivo ya establecido de pasto Cuba 22 y Botón de oro con dimensiones 2500 m2 y 2000 m2 respectivamente, se sitúa en \$ 369,40. Considerando que la funda de silo de 50 kg tiene un precio de \$5,00 y se obtienen 420 fundas de las dimensiones propuestas, se genera un ingreso total de \$ 2 100, teniendo una utilidad de \$ 1 730,60.

Conclusiones

La evaluación de los parámetros bromatológicos en los tratamientos reveló resultados significativos. Las medias de proteína bruta presentaron diferencias notables, oscilando entre 15,03% y 17,95%, cumpliendo así con los estándares de requerimientos proteicos para el ganado vacuno lechero en diversas etapas de lactación. En relación con la fibra, también se evidenciaron disparidades significativas, con valores (20,13 - 24,78%) dentro de los límites aceptables para la estimulación ruminal. Aunque no se observaron diferencias en los niveles de ceniza, se deduce que la composición mineral de los tratamientos (5,74 - 7,52%) se derivó de los materiales incorporados. Respecto a la materia seca y el pH, aunque no presentaron diferencias significativas, los valores obtenidos se mantuvieron dentro del rango adecuado para el proceso de ensilaje, con valores entre 19,50% y 24,12% para la materia seca, y entre 4,10 y 4,30 para el pH, respectivamente. Estos resultados confirman la viabilidad de los tratamientos evaluados en términos de su composición nutricional y su idoneidad para el proceso de ensilaje.

El análisis de calidad de la leche reveló que tanto el silo con inoculante biológico como el silo con suero de leche mantuvieron la composición láctea y el rendimiento lechero dentro de los rangos esperados, puesto que, los niveles de lactosa, proteína, pH y acidez se mantuvieron estables en los días evaluados.

El análisis económico revela que una inversión de \$360,40 genera un total de 420 fundas de 50 kg, con un precio de mercado de \$5 cada una. Por consiguiente, la ganancia neta resultante asciende a \$1 730,60.

Recomendaciones

Considerando la importancia que tiene está investigación específicamente para el sector ganadero, se puede expresar en función a los resultados obtenidos varias sugerencias con la finalidad de ofrecer una mayor ayuda al público leyente, conforme a lo dicho se hace llegar las recomendaciones siguientes.

Es crucial ampliar la investigación para explorar cómo una variedad de alimentos y suplementos pueden influir en la calidad y cantidad de leche producida por vacas lecheras. Estudios adicionales podrían examinar diferentes combinaciones de forrajes, concentrados y aditivos alimenticios para determinar su impacto en la composición nutricional y las propiedades físicas de la leche.

También es importante seguir monitoreando la calidad de la leche a lo largo del tiempo para comprender cómo la alimentación afecta sus propiedades. Esto implicaría analizar regularmente los componentes de la leche y llevar un registro detallado de la dieta suministrada a las vacas lecheras.

Al ver que tanto el uso de silamix y suero de leche como aditivos no se obtuvo diferencia significativa en el pH, se recomienda que para próximas investigaciones estos aditivos sean evaluados en conjunto y así poder identificar su acción en el silo.

Realizar un ensayo adicionando Botón de Oro con un secado previo del mismo, para determinar el tiempo de secado que nos permita incrementar el contenido de materia seca del silo y conservando los contenidos de proteína, fibra, cenizas y pH.

Implementar otras investigaciones evaluando diferentes tiempos de descanso de las variedades en estudio.

Referencias Bibliográficas

- Aguirre, Azana, & Fagalde. (2005). Utilización del suero de quesería como aditivo en el ensilaje de pradera. Recuperado el 20 de Enero de 2024, de <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/19244/1/FV-26557.pdf>
- Angulo, J., Nemocón, A., Posada, S., & Mahecha, L. (2022). Producción, calidad de leche y análisis económico de vacas holstein suplementadas con ensilaje de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) o ensilaje de maíz. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 20(1), 27-40. doi:10.18684/bsaa.v20.n1.2022.1535
- Barén, J., & Centeno, L. (2017). *Valores nutritivos del pasto cuba om-22 (Pennisetum Purpureum X Pennisetum Glaucum), sometido a cuatro intervalos de corte en el Valle del Río Carrizal*. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. Obtenido de <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/649>
- Barros. (2017). Efecto de la adición de *Bacillus* spp. en ensilaje de maíz. Recuperado el 18 de Enero de 2024, de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26306/1/TESIS%20RICARDO%20SOLIS%20VILLACRES.pdf>
- Buelvas, M. (2009). Evaluación de la aplicación de tres tipos de fertilizantes sobre la producción de leche. *Ciencia Unisalle*, 36-50.
- Cajamarca, M. (2022). *Determinación de la calidad físico-química de la leche cruda bovina*. Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23660/1/UPS-CT010143.pdf>

- Callejas, J., Prieto, F., Reyes, V., Marmolejo, Y., & Méndez, M. (2012). Caracterización fisicoquímica de un lactosuero: potencialidad de recuperación de fósforo. *Acta Universitaria*, 22(1), 11-18. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/416/41623193002.pdf>
- Casallas, O. (2014). *Identificación y evaluación de especies forrajeras provisorias integradas a sistemas de producción animal*. Obtenido de Ciencia Unisalle: https://www.itwreagents.com/uploads/20180122/A173_ES.pdf
- Castro, E., Sierra, A., Mojica, J., Carulla, J., & Lascano, C. (2020). Efecto de la incorporación de abonos verdes de leguminosas y de la inoculación microbiana en la calidad de ensilajes de *Zea mays* L. *Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"*, 43(4), 315-325. Retrieved from <https://www.redalyc.org/journal/2691/269167438006/html/>
- Cerdas, R. (2018). Extracción de nutrientes y productividad del botón de oro (*tithonia diversifolia*) con varias dosis de fertilización nitrogenada. *InterSedes*, 39(19), 172-187. doi:10.15517/isucr.v19i39.34076
- Cerdas, R., Vidal, E., & Vargas, J. (2021). Productividad del pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) con distintas dosis de fertilización nitrogenada. *Intersede*, núm. 45, pp. 136-161.
- Clavijo. (2016). Manual de producción de forraje *Pennisetum purpureum* sp cuba OM-22. Recuperado el 19 de Enero de 2024, de https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/3592/manual_produccion_forraje.pdf;jsessionid=5F57B2A12EE3DF07D9A565950D3F6D28?sequence=1
- Cumpa, M., & Postigo, R. (2016). Efecto de la utilización del suero líquido de leche, con o sin adición de amonio cuaternario, como sustituto del agua de bebida en el rendimiento

productivo de gallinas ponedoras. *Anales Científicos*, 77(1), 29-33.

doi:10.21704/ac.v77i1.546

Demagnet, R. (2011). *Conceptos Básicos en la Elaboración de Ensilajes. Módulo de Producción de Leche*. Universidad de la Frontera. Obtenido de https://praderasypasturas.com/files/menu/catedras/produccion_de_leche/2011/05_Elaboracion_de_Ensilaje.pdf

Dueñas, L., & Burgos, M. (2021). Influencia de la edad de corte y aditivos sobre la calidad nutricional del ensilaje pasto cuba 22. Obtenido de <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1544/1/TTA28D.pdf>

Encalada, M., Fernández, P., Jumbo, N., & Quichimbo, A. (2017). Ensilaje de pulpa de café con la aplicación de aditivos en el cantón Loja. *Bosques Latitud Cero*, 7(2), 71-82. Retrieved from <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/download/322/293>

Fernández, M., Zambrano, S., Zumba, L., & López, G. (2017). Consideraciones generales sobre el proceso de elaboración de silos. *ROCA*, 13(3). Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6759753.pdf>

Garcés. (Junio de 2004). Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. *Lasallista de investigación*. Recuperado el 17 de Enero de 2024, de <https://www.redalyc.org/pdf/695/69511010.pdf>

García, C., Montiel, R., & Borderas, T. (2014). Grasa y proteína de la leche de vaca: componentes, síntesis y modificación. *Arch. Zootec.*, 65, 84-105. Retrieved from <https://www.uco.es/ucopress/az/index.php/az/article/download/592/566>

García, E. (2019). *proteinas 1*. Obtenido de RiuNet:

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16338/Determinaci%C3%B3n%20de%20proteinas.pdf>

Gonzales, I., Betancourt, M., Fuenmayor, A., & Lugo, M. (2011). Producción y composición química de forrajes de dos especies de pasto Elefante (*Pennisetum sp.*) en el Noroccidente de Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 29(1), 103-112.

Gonzalez, P., Sosa, H., López, A., Stool, A., Loto, M., Colcombet, L., . . . Picot, J. (2022).

Evaluación de la calidad química de silajes de *Pennisetum purpureum* y *Thitonia diversifolia*. *Revista argentina de producción animal*, 42(1). Retrieved Enero 20, 2024, from

https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/13577/INTA_CRMisiones_EEAMontecarlo_Gonzalez_P_Evaluaci%C3%B3n_calidad_qu%C3%ADmica_de_silajes_de_Pennisetum_purpureum_y_Tithonia_diversifolia.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Granados, C., Wing, J., & Rojas, A. (2014). Ensilaje de pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*) con la adición de melaza, suero de leche e inóculos microbiales. *UNED Research Journal*, 6(1), 47-56. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/5156/515651795006.pdf>

Gutiérrez, D., Morales, A., Elías, A., García, R., & Sarduy, L. (2014). Composición química y degradabilidad ruminal in situ de la materia seca en ensilajes mixtos *Tithonia diversifolia*: *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-169, inoculados con el producto biológico VITAFERT. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48(4), 379-385. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193033033012.pdf>

Gutiérrez, F., Estrella, A., Irazábal, E., Quimiz, V., Portilla, A., & Bonifaz, N. (2018).

Mejoramiento de la eficiencia de la proteína de los pastos en bovinos de leche utilizando cuatro formulaciones de balanceados. *La Granja: revista de Ciencias de la Vida*, 28(2), 116-123. doi:10.17163/lgr.n28.2018.09

Gutiérrez, L., Güechá, A., Céspedes, D., & Roa, M. (2014). Efecto del tiempo de corte y maduración del ensilaje de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en la digestibilidad in vivo, utilizado como suplemento en ovinos. *Rev. Sist. Prod. Agroecol.*, 5(2), 2-14. Retrieved from <https://revistas.unillanos.edu.co/index.php/sistemasagroecologicos/article/view/651>

Hernández, & Cuadra. (2014). Calidad bromatológica, organoléptica y pH en el ensilaje de pasto cubano bajo el efecto de cuatro aditivos utilizados en la conservación de forraje. Recuperado el 19 de Enero de 2024, de <https://repositorio.una.edu.ni/2748/1/tnq54h557.pdf>

Hernández, A., & Daniela, C. (2014). *UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria: <https://repositorio.una.edu.ni/2748/1/tnq54h557.pdf>

Holguín. (2018). Arboles y arbustos para silvopasturas. Tolima. Recuperado el 20 de Enero de 2024, de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57108243/Arbole_y_Arbustos_final-libre.pdf?1533055656=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DArbole_y_Arbustos_final_pdf.pdf&Expires=1705788860&Signature=HkPGX7WPYOPwsv9ryfqrL3ZV1fl786SEoGpZV3EX5i1gNqqEHt~

Holguín, V., Cuchillo, M., Mazabel, J., Quintero, S., & Jairo, M. (2020). Efecto de la mezcla ensilada de *Pennisetum purpureum* y *Tithonia diversifolia* sobre la fermentación ruminal

- in vitro y su emisión de metano en el sistema RUSITEC. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 19-37.
- IBAY. (s.f.). Silamix extremo. Recuperado el 20 de Enero de 2023, de <https://ibaynutricion.com/wp-content/uploads/2020/12/ibay-aditivo-silamix-extremo.pdf>
- INATEC. (2016). Manual protagonista de nutrición animal. Recuperado el 20 de Enero de 2024, de <https://www.biopasos.com/documentos/087.pdf>
- Infocarne. (2006). *Composición de leche y su valor nutritivo*. Sitio de Producción Animal. Obtenido de https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/leche_subproductos/63-composicion_leche.pdf
- INIA. (2018). Consejos sobre la calidad de pastos. *INIA sistema ganadero extensivo*. Recuperado el 20 de Enero de 2024, de <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/11188/1/Ficha-tecnica-33-Algunos-conceptos-sobre-calidad-de-forrajes.pdf>
- ITW Reagents. (2024). *Determinación de Nitrógeno por el Método Kjeldahl*. Obtenido de ITW Reagents: https://www.itwreagents.com/uploads/20180122/A173_ES.pdf
- León, Bonifáz, & Guitierrez. (2018). Pastos y Forrajes del Ecuador. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Retrieved Enero 18, 2023, from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19019/4/PASTOS%20Y%20FORRAJE%20DEL%20ECUADOR%202021.pdf>
- López, A., Barriga, D., Jara, J., & Ruz, J. (2015). *Determinaciones analíticas en leche*. Consejería de Agricultura y Pesca, Instituto de Investigación y Formación Agraria y

Pesquera. Retrieved from

<https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa/registro-servifapa/f4c126b0-f732-480d-930e-2bb9b406f553/download#:~:text=El%20pH%20de%20una%20leche,%2C6%20y%206%2C8.>

Marqu ez, Sánchez, Urbano, & Dávila. (2007). Evaluación de la frecuencia de corte y tipos de fertilización sobre tres genotipos de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*). 1. Rendimiento y contenido de prote n. *SciELO*. Recuperado el 19 de Enero de 2024, de https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692007000400003

Martinez. (2020). Proceso de ensilaje. *Infopastos y forrajes*. Recuperado el 18 de Enero de 2023, de <https://infopastosyforrajes.com/metodos-de-conservacion/proceso-de-ensilaje/>

McDonal. (2011). Animal Nutrition. doi:ISBN 978-1-4082-0423-8 (pbk.)

Mejía, Mahecha, & Angulo. (2017). *Tithonia diversifolia* : especie para. *Agronomía Mesoamericana*. doi:<https://doi.org/10.15517/am.v28i1.22673>

Montesdeoca, D., & Gutierrez, F. (Febrero de 2017). *Evaluación nutricional del pasto tropical maralfalfa (Pennisetum sp) en forma de microsilos inoculado con suero de leche*. Obtenido de Repositorio Digital UCE: <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/5d221052-6782-41a5-8c6b-b861e01ba95d/content>

Orozco, E. (2016). *Ensilaje. La mejor manera de conservar forrajes en época de abundancia para suplementar al ganado en época de escasez*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA- COSTA RICA). Obtenido de <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-1640.pdf>

- Paredes, P., Chávez, A., Rodríguez, J., Aguilar, N., Rentería, A., & Rodríguez, G. (2014). Características fisicoquímicas y microbiológicas de suero de leche de queso Chihuahua. *Investigación y Ciencia*, 22(62), 11-16. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/674/67432507002.pdf>
- Pineda, Chacón, & Boschini. (2016). Evaluación de la calidad del ensilado de pasto estrella con tres diferentes aditivos. *Agronomía Costarricense*. Recuperado el 17 de Enero de 2023, de <https://www.redalyc.org/pdf/436/43646210001.pdf>
- Pinos, S. (2012). *Uso de grasa by pass en ganado lechero. Tesis de Pregrado*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2101/1/17T01122.pdf>
- Prado, M., Anzaldo, J., Becerra, B., Palacios, H., Vargas, J., & Maite, R. (Septiembre de 2012). *Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta*. Obtenido de SciELO México: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1405-04712012000300004
- Rodríguez, B., Álvarez, R., & López, M. (2022). Inclusión de *Tithonia diversifolia* sobre la calidad de ensilajes de Cuba 0M22 con la adición de *Musa sp.* *Nutrición Animal Tropical*, 71-90. doi:10.15517/nat.v16i2.52298
- Rodríguez, Borges, Gutiérrez, Gómez, & Moreira. (2017). Evaluation of the inclusion of *Moringa oleifera* in the nutritional value of silage of *Cenchrus*. *Revista cubana de ciencias agrícolas*. Recuperado el 20 de Enero de 2024, de <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193057230007.pdf>

- Rodríguez, M., Ojeda, F., Pozo, Y., Rondón, A., & Milián, G. (2022). Evaluación de dos inóculos microbianos como activadores de la fermentación en ensilajes de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Pastos y Forrajes*, 45(1-9). Retrieved from <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v45/2078-8452-pyf-45-e22.pdf>
- Tirira, O. (2016). *Evaluación de cuatro estimulantes de la fermentación (Melaza, Suero de leche, pulpa de cítricos y EMAS) del ensilaje de maíz en silo bolsa, en el Centro Experimental San Francisco- Carchi- Ecuador*. Universidad Politécnica Estatal del Carchi. Obtenido de <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/557/1/310%20EVALUACION%20DE%20CUATRO%20ESTIMULANTES%20DE%20LA%20FERMENTACION.pdf>
- Troncoso. (2021). Manejo del ensilado. Recuperado el 17 de Enero de 2023, de <https://bmeditores.mx/ganaderia/manejo-del-ensilado-forraje/>
- Villegas, G., Montoya, S., Rivera, J., & Chará, J. (2017). Implementación del ensilaje de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en vacas de mediana producción y su efecto en la producción y composición de la leche. *Sistemas Silvopastoriles: Aportes a los Objetivos de Desarrollo Sostenible*, 430-434. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/319650221_Implementacion_del_ensilaje_de_Tithonia_diversifolia_Hemsl_A_Gray_en_vacas_de_mediana_produccion_y_su_efecto_en_la_produccion_y_composicion_de_la_leche
- Yáñez, H. (2021). *Evaluación de lactosuero como medio de cultivo para la producción de biomasa de bacterias ácido lácticas (BAL) nativas de leche bovina cruda proveniente de haciendas ganaderas de Paschoa, Pichincha-Ecuador*. Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/28996/1/T-ESPE-052138.pdf>

Zanin, E., Horst, E., Abérico, C., & Bumbieris, V. (2022). Efectos del suero ácido sobre la calidad química fermentativa y la estabilidad aeróbica del ensilado de grano de maíz rehidratado. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 13(4), 943-961.

doi:10.22319/rmcp.v13i4.5958