



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL

Trabajo de Tesis

Patrones de fermentación en ensilaje de brachiaria híbrido
Cobra cv. CIAT BR02/1794 con *Morus alba* L. y aditivos
biológicos.

Autoras:

Br. Génesis Saraí Parrales Vega
Br. Jennyfher Dennisse Pilarte Quiroz

Asesores:

Dr. Nadir Reyes Sánchez
Dr. Lester Raúl Rocha Molina
Dr. Bryan Gustavo Mendieta Araica

Managua, Nicaragua
Abril, 2023



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

Trabajo de Tesis

Patrones de fermentación en ensilaje de brachiaria híbrido
Cobra cv. CIAT BR02/1794 con *Morus alba* L. y aditivos
biológicos.

Autoras:

Br. Génesis Saraí Parrales Vega

Br. Jennyfher Dennisse Pilarte Quiroz

Asesores:

Dr. Nadir Reyes Sánchez

Dr. Lester Raúl Rocha Molina

Dr. Bryan Gustavo Mendieta Araica

Managua, Nicaragua

Abril, 2023

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la decanatura de la Facultad de Ciencia Animal como requisito parcial para optar al título profesional de:

Ingeniero Zootecnista

Miembros del Honorable Comité evaluador

MSc. Rosario de la Concepción Rodríguez Pérez

Presidente

MSc. Jerry Antonio Vivas Torres

Secretario

Ing. Alioska Mercedes Blandón Guerrero

Vocal

Lugar y fecha: Managua, Nicaragua, 18 de abril del 2023.

DEDICATORIA

Llena de amor y regocijo dedico este trabajo principalmente a **Jehová** mi Dios, quien está siempre conmigo, me ha brindado de su gracia, sabiduría y entendimiento para poder culminar con éxito mis estudios.

A mis padres: **Amanda Vega** y **Efraín PARRALES** por su amor, apoyo incondicional y su confianza hacia mí en la realización y cumplimiento de cada una de mis metas. Son la motivación de mi vida.

A mis hermanos: **Scander Palacios**, **Moisés PARRALES** y **Caleb PARRALES** por su apoyo emocional, por instarme a ser mejor cada día, sin ustedes este logro no sería posible.

A mi querida abuela: **Petrona Solano**, gracias por su amor, consejos y motivación.

A mi mejor amiga: **Jennyfher Pilarte** por siempre estar para apoyarme, por sostener mi mano en este camino y acompañarme en cada paso importante de mi vida.

Br. Génesis Saraí PARRALES Vega

DEDICATORIA

Principalmente quiero dedicar esta tesis a mi Padre Celestial, **Dios**, por su misericordia y amor infinito, por brindarme sabiduría y por darme el don maravilloso de la vida para así alcanzar mis metas, sueños y disfrutar de cada uno de ellos.

Especialmente con mucho amor y cariño a una persona importante en mi vida, a mi madre: **Marlene Quiroz**, quien con mucho esfuerzo y sacrificio me ha sacado adelante sola y con mucho coraje en la vida, por ser esa mujer que me ha brindado su amor incondicional, por sus consejos, por su paciencia, por enseñarme a ser mejor persona a través de valores, por sus constantes oraciones y por sobre todo creer en mí, ojalá algún día pueda darte todo lo que te mereces, te amo.

A mi hermano **Cristopher Pilarte** por ser un buen hermano, quien me brindó su apoyo incondicional para poder culminar mis estudios.

De manera muy especial a mi mejor amiga y compañera de tesis **Génesis Parrales**, por ser esa persona en la que puedo confiar, por brindarme cariño, por siempre estar presente en cada momento de mi vida, por compartir conmigo la misma meta, por tantas experiencias vividas y convertidas en anécdotas, por cada carcajada, por tu paciencia y por hacerme parte de tu familia, gracias, por tanto, eras la mejor. Dios te bendiga y sabes que te quiero mucho.

A mi familia en general, quienes con sus consejos y apoyo económico hicieron parte de este logro.

Y, por último, también quiero dedicar este logro **a mí misma**, por la perseverancia y el esfuerzo que le metí a lo largo de toda mi carrera.

Br. Jennyfher Dennisse Pilarte Quiroz

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de tesis ha requerido de mucho esfuerzo y dedicación, pero no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación de todas y cada una de las personas que a continuación mencionaré y de las cuales ciertas han sido mi soporte en los momentos cuando siento que no he podido más.

Primero y por sobre todo quiero agradecer a mi Dios Jehová por acompañarme en cada paso que he dado, ser mi ayuda, mi fortaleza y por poner en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y que me han brindado compañía en mi vida personal y durante todo mi periodo de estudio.

Agradezco a mi familia; a mis padres por ser mi mano amiga, por apoyarme en cada decisión que he tomado, ustedes son el pilar de mi vida; a mis hermanos, cuñadas Carmen Reyes y Sherlin Jaime, les agradezco por su apoyo emocional y económico, sin ustedes este meta no sería cumplida.

Mi agradecimiento especial a mis apreciados asesores: Dr. Lester Rocha, Dr. Nadir Reyes y Dr. Bryan Mendieta por brindarme su amistad, por el apoyo y el conocimiento brindado en todo el transcurso de la investigación.

A mi hermana, mejor amiga y compañera de tesis Jennyfher Pilarte por ser mi gran apoyo emocional, mi mano amiga, por brindarme su confianza y porque en su compañía los momentos malos y tristes se convierten en momentos buenos y de alegría.

A mis queridos compañeros de estudio, principalmente a Bryan Castillo, Greta Martínez, Francheska Guerrero y Cristóbal González les agradezco por brindarnos su apoyo en la fase de campo de esta investigación.

Y mi agradecimiento a mi alma mater UNA, en específico la Facultad de Ciencia Animal por el apoyo y sostén brindado en toda mi carrera universitaria.

Br. Génesis Saraí Parrales Vega

AGRADECIMIENTOS

Muestro mi agradecimiento en esta página a Dios principalmente y a cada una de las personas que contribuyeron al desarrollo de este trabajo, es especial a mis asesores: Lester Rocha PhD, Nadir Reyes PhD y Bryan Mendieta PhD, por su apoyo incondicional, por ser nuestros guías en el camino, por el conocimiento transmitido, por su tiempo y colaboración.

A mi madre y hermano, por su apoyo incondicional, moral y económico a lo largo de toda mi carrera universitaria, por siempre estar conmigo e instarme a ser una mejor persona y por creer en mí, les amo.

A mi mejor amiga y compañera de tesis Génesis Saraí Parrales Vega, por siempre estar ahí cuando más la necesitaba, por siempre empujarme a seguir adelante y por recordarme siempre que soy buena en algo cuando yo decía no poder ¡Gracias!

A mi alma mater la UNA, en especial a la Facultad de Ciencia Animal por acogerme en sus instalaciones y brindarme ayuda en todo lo necesitado para poder culminar mi carrera.

Y, por último, pero no por eso menos importante ¿Por qué no? A mis compañeros Bryan Castillo, Greta Martínez, Francheska Guerrero y Cristóbal González por su valioso aporte en la fase de campo de este trabajo de investigación.

¡Muchas Gracias!

Br. Jennyfher Dennisse Pilarte Quiroz

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo General	3
2.2 Objetivos Específicos	3
III MARCO DE REFERENCIA	4
3.1 Ganadería en Nicaragua	4
3.2 Ensilaje	4
3.2.1 Fases de fermentación del ensilaje	4
3.2.2 Pérdidas en el proceso de ensilaje	5
3.3 Ensilajes a base de forrajes y arbustos forrajeros	5
3.3.1 Brachiaria híbrido Cobra cv. CIAT BR02/1794	5
3.3.2 Morera (<i>Morus alba</i> L.)	7
3.4 Importancia del uso de morera (<i>Morus alba</i> L.) para mejora de ensilajes	8
3.5 Aditivos	9
3.5.1 Tipos de aditivos	9
3.6 Características sensoriales y físicas del ensilaje	11
IV MATERIALES Y MÉTODOS	12
4.1 Ubicación del área de estudio	12
4.2 Duración del estudio	12
4.3 Descripción del estudio experimental	12
4.3.1 Modelo Aditivo Lineal	12
4.4 Manejo del estudio	13
4.4.1 Etapa pre-experimental	13

4.4.2 Evaluación de la estabilidad aeróbica	20
4.4.3 Variables evaluadas	22
4.6 Análisis de datos	24
V RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
5.1 Etapa experimental 1	26
5.1.1 Patrones de fermentación	26
5.2 Etapa experimental 2	29
5.2.1 Composición química	29
5.2.2 Tiempo al Deterioro (TAD) del ensilaje	34
5.2.3 Caracterización organoléptica	35
VI CONCLUSIONES	39
VII LITERATURA CITADA	40
VIII ANEXOS	43

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Clasificación taxonómica de pasto Cobra	6
2. Clasificación taxonómica de <i>Morus alba</i> L	8
3. Composición Bromatológica de <i>Morus alba</i> L	8
4. Mezclas a ensilar quedaron elaboradas de la siguiente manera	12
5. Escala para la valoración organoléptica de los ensilajes	24
6. Estimación de parámetros y errores estándar usando un modelo no lineal de decrecimiento exponencial describiendo el peso de los ensilajes en función del tiempo para cada tratamiento	26
7. Medidas de bondad de ajuste del modelo no lineal de decrecimiento exponencial describiendo el peso de los ensilajes en función del tiempo durante la fase anaeróbica	27
8. Pérdidas por gases y recuperación de materia seca	29

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Envase desinfectado y listo para ser utilizado.	14
2. Preparación artesanal del aditivo de lactobacilos.	15
3. Conteo de unidades formadoras de colonias del lactobacilo.	16
4. Mezcla de biomasa de pasto brachiaria híbrido Cobra y <i>Morus alba</i> L.	17
5. Llenado y compactación de microsilos con pasto brachiaria híbrido Cobra, follaje de <i>Morus alba</i> L., melaza, con y sin adición de lactobacilos.	18
6. Microsilos ubicados en una habitación y protegidos de los rayos solares.	18
7. Termohigrómetro digital, modelo testo 608-H281.	19
8. Pesaje individual de cada microsilo, según tratamiento y repetición.	19
9. Instrumento diseñado con botellas de tereftalato de polietileno (PET) para la evaluación de la estabilidad aeróbica del ensilaje.	20
10. Material restante de los microsilos homogenizados.	21
11. Área experimental de la fase de estabilidad aeróbica (método de Ashbell), con los 6 tratamientos y 3 repeticiones por tratamiento, debidamente identificados.	21
12. Peso de los ensilajes de brachiaria híbrido Cobra mezclado con diferentes niveles de morera (<i>Morus alba</i>) y aditivos biológicos (con y sin lactobacilos).	27
13. Comportamiento de la pérdida de peso en los ensilajes de brachiaria híbrido Cobra mezclado con diferentes niveles de morera (<i>Morus alba</i>) (a) y aditivos biológicos (con y sin lactobacilos) (b).	28
14. Valores de materia seca (MS) de los ensilajes de brachiaria híbrido Cobra mezclado con morera (<i>Morus alba</i>) y aditivos biológicos (con y sin lactobacilos).	30
15. Valores de Fibra Neutro Detergente (FND) encontrados en los ensilajes de brachiaria híbrido Cobra mezclado con diferentes niveles de morera (<i>Morus alba</i>) (a) y aditivos biológicos (con y sin lactobacilos) (b).	31

16. Valores de Proteína Cruda (PC) encontrados en los ensilajes de brachiaria híbrido Cobra mezclado con diferentes niveles de morera (*Morus alba*) (a) y aditivos biológicos (con y sin lactobacilos) (b). 32
 17. Valores de pH encontrados en la estabilidad aeróbica de los ensilajes de brachiaria híbrido Cobra mezclado con diferentes niveles de morera (*Morus alba*) (a) y aditivos biológicos (con y sin lactobacilos) (b). 33
 18. Comportamiento del tiempo en la estabilidad aeróbica en los ensilajes de brachiaria híbrido Cobra mezclado con diferentes niveles de morera (*Morus alba*) (a) y aditivos biológicos (con y sin lactobacilos) (b). 34
 19. Características organolépticas del color de los ensilajes. T1 (95% pasto, 0% morera, 5% melaza, sin lactobacilos) T2 (76% pasto, 19% morera, 5% melaza, sin lactobacilos) T3 (57% pasto, 38% morera, 5% melaza, sin lactobacilos) T4 (95% pasto, 0% morera, 5% melaza, con lactobacilos) T5 (76% pasto, 19% morera, 5% melaza, con lactobacilos) T6 (57% pasto, 38% morera, 5% melaza, con lactobacilos). Escala de valoración 2 (Bueno) 3 (Muy bueno) y 4 (Excelente). 36
 20. Características organolépticas del olor de los ensilajes. T1 (95% pasto, 0% morera, 5% melaza, sin lactobacilos) T2 (76% pasto, 19% morera, 5% melaza, sin lactobacilos) T3 (57% pasto, 38% morera, 5% melaza, sin lactobacilos) T4 (95% pasto, 0% morera, 5% melaza, con lactobacilos) T5 (76% pasto, 19% morera, 5% melaza, con lactobacilos) T6 (57% pasto, 38% morera, 5% melaza, con lactobacilos). Escala de valoración 2 (Bueno) 3 (Muy bueno) y 4 (Excelente). 37
 21. Características organolépticas de la textura de los ensilajes. T1 (95% pasto, 0% morera, 5% melaza, sin lactobacilos) T2 (76% pasto, 19% morera, 5% melaza, sin lactobacilos) T3 (57% pasto, 38% morera, 5% melaza, sin lactobacilos) T4 (95% pasto, 0% morera, 5% melaza, con lactobacilos) T5 (76% pasto, 19% morera, 5% melaza, con lactobacilos) T6 (57% pasto, 38% morera, 5% melaza, con lactobacilos). Escala de valoración 1 (Malo) 2 (Bueno) 3 (Muy bueno) y 4 (Excelente). 38
-

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. Encuesta para análisis sensorial	44
2. Materiales y equipos durante el estudio.	47

RESUMEN

Los ensilajes mixtos permiten mejorar la eficiencia de los forrajes tropicales lo que posibilita obtener un alimento de mayor calidad. Con el propósito de evaluar los patrones fermentativos, composición química, tiempo al deterioro y características organolépticas de diferentes mezclas de *Brachiaria Híbrido Cobra* cv. CIAT BR02/1794 (BHC) con *Morus alba* L. (MA) y aditivos biológicos, se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial, con el factor MA con tres niveles de inclusión (0%, 19%, 38%) y el factor aditivo con dos niveles (con lactobacilos, sin lactobacilos) y tres repeticiones por cada combinación de los factores antes mencionados (tratamientos), para un total de 18 unidades experimentales (microsilos). Las variables evaluadas fueron peso del ensilaje, pérdida de peso del ensilaje, pérdidas por gases, recuperación de materia seca, Materia seca (MS), Proteína Cruda (PC), Fibra Neutra Detergente (FND), pH, tiempo al deterioro aeróbico (TDA) y características organolépticas (color, olor, textura). La inclusión de MA y aditivos biológicos en el ensilaje a base de BHC afecta positivamente los patrones de fermentación dando lugar a un ensilaje de excelente calidad. La dinámica del peso de los ensilajes en función del tiempo presentó un comportamiento adecuado entre las diferentes mezclas. La inclusión de MA reduce la pérdida de peso en los ensilajes. Las pérdidas por gases y la recuperación de MS fueron similares en los diferentes niveles de inclusión de MA, sin embargo, la adición de lactobacilos aumenta las pérdidas por gases y disminuye la recuperación de MS. Los ensilajes presentaron un aumento de MS y PC con los niveles de inclusión de MA, no obstante, el aumento de MS estuvo condicionada por la adición de lactobacilos. Por otra parte, se observó que, entre mayor es el nivel de inclusión de MA menor es la FND, a pesar de esto, los valores se mantienen dentro del rango estándar de un excelente ensilaje. El pH fue similar en todas las mezclas. Se observó que el tiempo de deterioro fue menor al aumentar los niveles de inclusión de MA. Las mezclas ensiladas fueron valoradas como muy buenas a excelente, constituyéndose en ensilajes de buena calidad.

Palabras Clave: Ensilajes mixtos, estabilidad aeróbica, composición química, leñosa forrajera, caracterización organoléptica, aditivos biológicos.

ABSTRACT

Mixed silages allow to improve the efficiency of tropical forages, which makes it possible to obtain a higher quality feed. With the purpose of evaluating the fermentation patterns, chemical composition, time to spoilage and organoleptic characteristics of different mixtures of *Brachiaria Híbrido Cobra* cv. CIAT BR02/1794 (BHC) with *Morus alba* L. (MA) and biological additives, a factorial completely randomized design was setup with the MA factor with three inclusion levels (0%, 19%, 38 %) and the additive factor with two levels (with lactobacillus, without lactobacillus) and three replicates for each combination of the aforementioned factors (treatments), for a total of 18 experimental units (microsilos). The evaluated variables were silage weight, silage weight loss, gas losses, dry matter recovery, Dry Matter (DM), Crude Protein (PC), Neutral Detergent Fiber (FND), pH, time to spoilage (TTS) and organoleptic characteristics (color, smell, texture). The inclusion of MA and biological additives in BHC-based silage positively affects fermentation patterns, resulting in excellent quality silage. The dynamics of the silage weight as a function of time showed an adequate behavior between the different mixtures. The inclusion of MA reduces weight loss in silages. Gas losses and DM recovery were similar at the different MA inclusion levels, however, the addition of lactobacillus increased gas losses and decreased DM recovery. The silages showed an increase in DM and CP as MA levels increased, however, the increase in DM was conditioned by the addition of lactobacillus. On the other hand, it is ruled out that the higher the MA inclusion level, the lower the FND, despite this, the values remain within the standard range of an excellent silage. The pH was similar in all the mixtures. It was shown that TTS was less as MA levels increased. The silage mixtures were ranked as very good to excellent, constituting good quality silages.

Key words: Mixed silage, aerobic stability, chemical composition, fodder tree, organoleptic characterization, biological additives.

I. INTRODUCCIÓN

Nicaragua al ser un país tropical (cálido todo el año), manifiesta dos épocas, la época seca (diciembre-abril) con baja producción y calidad de forraje, provocando una drástica reducción en los parámetros productivos y reproductivos del ganado bovino y la época lluviosa (mayo-diciembre) con mayor producción y mejor calidad de forraje. Para aprovechar los excedentes de pastos que se producen en la época lluviosa, se pueden realizar prácticas de conservación de forrajes (ensilaje), para su aprovechamiento durante la época seca.

Las técnicas de conservación de forraje son estrategias tecnológicas que ayudan a mejorar la disponibilidad de forrajes, estos deben ser de buena calidad y de bajo costo. Hay distintas maneras de conservar el forraje y una de ellas es la realización del ensilado. Según Solís (2017), el ensilaje es una manera de conservar alimentos en épocas donde hay exceso de forrajes (época lluviosa) y suplementarlos en tiempos de escases. Este es un método de conservación que aporta una excelente palatabilidad al alimento, como también conserva los nutrientes que hay en la materia verde, esta técnica tiene un costo razonable en comparación a otras estrategias de alimento.

Existe una gran variedad de forrajes que se pueden ensilar con diferentes contenidos de nutrientes, costos de producción e impacto en la producción de leche y carne.

Brachiaria híbrido Cobra cv. CIAT BR02/1794, es un nuevo híbrido del género brachiaria producto de brachiaria ruziziensis \times decumbens \times brizantha. Es una gramínea perenne de crecimiento erecto, puede llegar a medir entre 1.20 – 1.50 metros de alto, con hojas y tallos color verde intenso y presencia de vellosidades. Presenta una mayor proporción de hojas y muy poca cantidad de tallos, contenidos de proteína entre 14 y 16 % y digestibilidad del 69%, (Martínez F, 2021). Se puede utilizar en pastoreo o para corte por su buena calidad y alta producción de forraje, constituyendo una buena opción para su conservación en forma de heno y ensilaje.

Por otro lado, la morera (*Morus alba* L.) es una arbórea forrajera con alto valor nutricional, la concentración de proteína cruda del follaje varía entre 14 y 26%, “siendo una alternativa viable para ser utilizada en la alimentación de rumiantes, de forma fresca o ensilada” (Ojeda y Montejo,2001; Casanovas *et al.*,2004; Martín *et al.*,2007; Milera *et al.*,2010).

La mezcla de gramíneas y follaje de arbustos forrajeros, en la elaboración de ensilaje, es una estrategia que permite aprovechar, los altos rendimientos de follaje y el potencial fermentativo de las gramíneas, junto con los mayores niveles de proteína que presentan las plantas arbóreas (Ojeda *et al.* (2006); y obtener un ensilaje de mayor calidad.

La utilización de aditivos en el proceso de ensilaje, es una alternativa tecnológica que ayuda a mejorar el proceso de conservación de nutrientes y prolongar la estabilidad aeróbica, al acelerar el proceso de fermentación ácido láctica, dando una estabilidad en la masa forrajera y reduciendo las pérdidas por proteólisis e hidrólisis (Demagnet, 2017).

La inestabilidad aeróbica de los silos conlleva a pérdidas en el alimento, por lo tanto, se debe preparar en volúmenes apropiados, para administrarse en un corto lapso de tiempo, después de la apertura (Holguín *et al.* 2021). La estabilidad aeróbica puede definirse como el tiempo en que la masa forrajera ensilada, se encuentra en contacto con el aire desde el momento en que se extrae del silo, hasta que este sea consumido por el animal, sin alterar su integridad nutricional (Andrade y Mohamad, 2010),

Existen algunos ensilajes que son más propensos a sufrir un deterioro aeróbico después de la apertura del silo especialmente en climas tropicales debido a diferencias en la composición química y las altas temperaturas ambientales. El deterioro de los ensilajes luego de que son expuestos a condiciones aeróbicas ocasiona pérdidas de nutrientes y de materia seca, causando que el animal consuma menos nutrientes, por ende, haya una menor producción de leche y carne. (Revuelta y Cuba, 2012).

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Evaluar patrones de fermentación, composición química, tiempo al deterioro y características organolépticas del ensilaje en mezclas de brachiaria híbrido Cobra cv. CIAT BR02/1794 con *Morus Alba* L. y aditivos biológicos como alternativa de alimentación en rumiantes, en la finca Santa Rosa, Sabana Grande - Managua, 2022.

2.2 Objetivos Específicos

- Analizar los patrones de fermentación de mezclas de brachiaria híbrido Cobra cv. CIAT BR02/1794 con *Morus Alba* L. y aditivos biológicos.
- Determinar la composición química de mezclas de brachiaria híbrido Cobra cv. CIAT BR02/1794 con *Morus Alba* L. y aditivos biológicos.
- Estimar el tiempo al deterioro del ensilaje de brachiaria híbrido Cobra cv. CIAT BR02/1794 con *Morus Alba* L. y aditivos biológicos.
- Valorar las características organolépticas del ensilaje de brachiaria híbrido Cobra cv. CIAT BR02/1794 con *Morus Alba* L. y aditivos biológicos.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Ganadería en Nicaragua

Según Barberena (2022), la ganadería en Nicaragua aporta a la economía nacional alrededor de mil millones de dólares, se posiciona como uno de los principales rubros en las exportaciones del país y genera un poco más del 30% de empleo nacional.

Para incrementar la productividad ganadera por área es primordial garantizar la disponibilidad de alimentos en cantidad y calidad durante todo el año, basada en la utilización de pastos y forrajes, principalmente en la época seca. La conservación de forrajes mediante la fermentación anaeróbica de la biomasa forrajera es una estrategia que permite garantizar la disponibilidad de alimentos en la época seca. (Tecnología Agrícola [PROAIN],2020).

3.2 Ensilaje

Según Reyes *et al.* (2009) el ensilado es un método de conservación de forraje verde por medio de fermentación anaeróbica, es decir, sin presencia de oxígeno que cuando se realiza adecuadamente permite mantener y conservar la calidad nutritiva del pasto verde durante más tiempo. El punto principal es que se evite el contacto del forraje ensilado con el aire, esto se logra por medio de una correcta compactación y almacenamiento en un ambiente que sea completamente hermético, el cual también puede lograrse por el acondicionamiento de una estructura cerrada a través de un cubrimiento con plástico.

3.2.1 Fases de fermentación del ensilaje

Según Martínez (*s.f*) La aceptación del ensilaje se alcanza gracias a la fermentación láctica en condiciones anaerobias. Las bacterias epifíticas de ácido láctico (BAL) se encargan de fermentar los carbohidratos hidrosolubles de los forrajes o de los granos produciendo de esta manera el ácido láctico o bien, ácido acético en cantidades reducidas, causando la disminución del pH del material ensilado, favoreciendo la inhibición del crecimiento de las bacterias que favorecen la putrefacción.

En el año 2009 Reyes *et al.* Expresan que el proceso del ensilaje se puede dividir en cuatro etapas: Fase uno: fase aeróbica, fase dos: fase de fermentación láctica, fase tres: fase de estabilización y por último fase cuatro: fase de deterioro aeróbico o de utilización. Para evitar fracasos en el proceso del ensilaje, es de

suma importancia controlar y optimizar el proceso de este en cada una de sus fases. La fase uno se debe realizar con buenas prácticas de llenado, compactación, tapado y sellado del silo para minimizar la cantidad de oxígeno presente en la masa ensilada; en la fase dos y tres no se podrá tener algún medio para controlar el proceso del ensilaje. (p. 13)

No obstante, para optimizar el proceso de la fase dos y tres se pueden utilizar aditivos eficaces en impulsar la fermentación láctica, evitando que microorganismos indeseables causantes del deterioro anaeróbico (Clostridios y enterobacterias) o deterioro aeróbico (Levaduras, bacilos, mohos) utilicen proteínas y recursos energéticos del forraje ensilado para su crecimiento y disminuyan la calidad del ensilaje.

Para disminuir el deterioro del silo en la fase cuatro que inicia con la apertura del silo y el contacto del material ensilado con el oxígeno, es importante el uso de aditivos ya que reducen las pérdidas en la calidad del ensilaje durante su utilización. (Demagnet, 2011, p.66).

3.2.2 Pérdidas en el proceso de ensilaje

Existen pérdidas superficiales, pérdidas por drenaje y pérdidas por gases, esta última se debe a la respiración de la planta en el silo y a la fermentación bacteriana, resultando en pérdidas de materia seca en el silo. Parte de esta pérdida es inevitable, pero se debe mantener al mínimo evitando la entrada del aire al silo, bajando rápidamente el pH y evitando fermentaciones desfavorables. Las pérdidas totales varían según el tipo de silo. (Reyes *et al.*, 2008)

3.3 Ensilajes a base de forrajes y arbustos forrajeros

La utilización de especies forrajeras arbustivas para ensilajes mixtos (mezcla de gramíneas y arbustos forrajeros) es una excelente alternativa para el almacenaje de alimento por su gran aporte de biomasa y nutrientes. Este tipo de ensilajes, se destacan por un mayor aporte de proteína, energía, minerales y alta digestibilidad en la dieta del ganado rumiante. (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA], 2020)

3.3.1 Brachiaria híbrido Cobra cv. CIAT BR02/1794

El pasto brachiaria híbrido Cobra cv. CIAT BR02/1794 es un nuevo híbrido del género brachiaria producto de (brachiaria ruziziensis x decumbens x brizantha). Es una gramínea

perenne “de crecimiento erecto, puede llegar a medir entre 1.20 – 1.50 metros de alto, presenta hojas y tallos de color verde intenso y presencia de vellosidades. Presenta una mayor proporción de hojas y muy poca cantidad de tallos”. (Acosta, 2018, p.6).

Esta pastura presenta crecimiento erecto con cepas muy bien definidas (de ahí su nombre cobra) es ideal para corte. Este tipo de crecimiento facilita su recuperación tanto en pastoreo como en corte. Se puede utilizar en pastoreo rotacional gracias a su calidad y alta producción de forraje. También se puede implementar para corte, acarreo y se puede conservar en forma de heno y ensilaje. (Martínez F, 2021).

Establecido bajo condiciones climáticas favorables y con un adecuado manejo del cultivo, se pueden realizar cortes cada 30 – 45 días, superando a especies de corte como el sorgo, no solo en producción de forraje sino también en calidad nutricional.

Esta alta producción y calidad se verá reflejada en el incremento de la producción de los animales que tendrán disponible de un forraje con altos niveles de proteína y digestibilidad. Bajo sistemas de riego y fertilización intensivos, esta gramínea puede llegar a producir cada 60 días de 6 – 8 kilos de forraje verde por metro cuadrado y una producción de Materia Seca al año de 35 – 40 toneladas por hectárea.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de pasto Cobra

Taxonomía	
Reino	Plantae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Panicoideae
Tribu	Paniceae
Genero	Urochloa
Especie	Brachiaria híbrido Cobra cv. CIAT BR02/1794

Fuente: (Acosta, 2018)

Brachiaria híbrido Cobra cv. CIAT BR02/1794, se caracteriza por una alta palatabilidad y digestibilidad, con un contenido de proteína bruta alrededor del 18%, alta tolerancia a la sequía y baja tolerancia al encharcamiento, desarrollo adecuado en suelos de fertilidad media, en alturas de 0 a 1200 msnm, la densidad de siembra recomendada es de 8 a 10 kg/ha (Martínez, 2021)

3.3.2 Morera (*Morus alba* L.)

La utilización de follaje de árboles y arbustos en la alimentación de rumiantes es una práctica conocida por los productores de América Central desde hace siglos, por ende, los conocimientos empíricos sobre las propiedades forrajeras de diferentes especies son de gran valor para la ciencia y la tecnología. (Mora N, 2006).

La morera (*Morus alba* L.), es un arbusto de porte bajo, posee hojas verdes claro-brillosas, venas prominentes blanduzcas por el envés y con base asimétrica. Pertenece al orden de las Urticales, familia Moraceae y género *Morus*, de la cual se conocen más de treinta especies y un aproximado de trecientas variedades. Las especies más conocidas son *Morus alba* y *Morus nigra*, se les considera “cosmopolitas” por su capacidad de adaptación a diferentes climas y altitudes. (Ramírez y Orozco, 2011).

***Morus alba* L. en la alimentación animal**

El follaje de *Morus alba* L. muestra cualidades alimenticias superiores a otros forrajes utilizados como suplemento en condiciones tropicales, siendo una buena opción para la alimentación del ganado bovino. Posee un contenido de proteína cruda que oscila entre el 14% y 26%, su follaje es altamente consumido por parte de los animales y posee excelentes características organolépticas. Las variaciones en la composición bromatológica son a causa de la edad del material, la posición de las hojas en la rama y el nivel de fertilización (Ramírez y Orozco 2011)

La clasificación taxonómica de *Morus alba* y la composición bromatológica del follaje pueden observarse en el cuadro 2 y 3.

Cuadro 2. Clasificación taxonómica de *Morus alba* L

Taxonomía	
Reino	Plantae
Filo	Magnoliophita
Clase	Magnoliopsida
Orden	Rosales
Familia	Moraceae
Tribu	Moreae
Genero	Morus
Especie	<i>Morus alba</i> L.

Fuente: (Yvanosky y Vázquez,2020)

Cuadro 3. Composición Bromatológica de *Morus alba* L

Composición	Contenido %
Proteína Cruda	14 – 26%
Fibra Cruda	15%
Fibra Neutro Detergente	33 – 46%
Fibra Acido Detergente	28 – 35%
Lignina	5 – 8%
Calcio	2,42 – 4,71%
Fosforo	0,23 – 0,97%

Fuente: (Mora,2010)

3.4 Importancia del uso de morera (*Morus alba* L.) para mejora de ensilajes

Existen diferentes estudios que hacen referencia a la utilización de morera con otras gramíneas ej. el maíz.

Según Boschini (2003), el ensilaje de morera en mezcla pura experimenta un normal proceso de ensilaje, teniendo en cuenta su alto valor de contenido de proteína, en cambio al mezclarlo con forraje de maíz, presenta una reducción de al menos la mitad de las perdidas volumétricas y aumenta la densidad del material almacenado.

Alpizar *et al.* (2014) al estudiar el efecto de la inclusión de diferentes niveles de morera (*Morus alba* L.) en la calidad nutricional de ensilajes de sorgo, con melaza al 4%, encontraron que al aumentar la inclusión de follaje de morera incrementaba de manera significativa los contenidos de materia seca, proteína cruda y cenizas, mientras que fibra detergente neutra, fibra detergente ácida y la hemicelulosa tendieron a aumentar después de la conservación. La valoración organoléptica mostró un proceso de conservación adecuada en todas las mezclas. Finalmente, la inclusión de 50% de morera constituye una alternativa viable para mejorar la calidad nutricional del ensilaje de sorgo.

3.5 Aditivos

“La utilización de aditivos en la elaboración de ensilados tiene como finalidad mejorar la conservación y el valor nutritivo del alimento” (Flores *et al.*, 2014, p.6).

En ocasiones se logra obtener un ensilaje con calidad fermentativa satisfactoria sin la aplicación de aditivos, en especial si los forrajes han sido pre-marchitos o pre-secados por un corto período de tiempo, picados correctamente y con un buen compactado y sellado del silo. El uso de aditivos produce mejores y mayores beneficios en el proceso de fermentación cuando se aplica a forrajes tiernos, pero su acción disminuye cuando se aplica en forrajes que tienen un adecuado contenido de materia seca (Gualoto, 2013).

Según Quiñones *et al.*, 2020 el uso de aditivos en ensilajes ayuda a controlar y mejorar la fermentación en el silo, reduciendo las pérdidas y mejorando la calidad nutritiva de biomasa conservada para la alimentación animal. Sin embargo, aunque los aditivos son eficientes, estos no solucionan fallas que pueda haber en el proceso de ensilaje.

3.5.1 Tipos de aditivos

Hay una variada clasificación de aditivos que se pueden aplicar en el ensilaje, estos pueden ser químicos o biológicos. Según Sambrano (2013), se agrupan de la siguiente manera:

- Conservantes: Ac. Fórmico, acético, láctico, propiónico benzoico, caproico. Estos inhiben las fermentaciones indeseables induciendo una acidez inicial que ayuda a la actividad de las bacterias lácticas.
- Inoculantes: Bacterias ácido-lácticas como los lactobacillus, pediococcus, Streptococcus que tienen como papel principal incrementar rápidamente el nivel de acidez del forraje.

- Enzimas: Amilasas, celulasas, hemicelulasas, pectinasas. Son encargadas de la ruptura de las paredes celulares, acrecentando el contenido de azúcares solubles, estas son fermentadas por bacterias lácticas y producen la disminución del pH.
- Sustratos: Melazas, glucosa, sacarosa, granos de cereales, pulpa de remolacha y pulpa de cítricos.
- Nutrientes o activadores: Amonio, urea, carbonato cálcico.

Inoculantes microbiales

Según Fernández *et al.* (2017) los inoculantes están divididos en dos categorías:

1. Homofermentadores: Estas solo producen ácido láctico y dentro de ellas están las especies de lactobacilos como, *Lactobacillus plantarum*, y especies de *Pediococcus* spp y *Enterococcus* spp.
2. Heterofermentadores: Se encargan de producir ácido láctico, ácido acético o etanol, y dióxido de carbono. Un buen ejemplo de heterofermentador es el *Lactobacillus buchneri*.

Lactobacilos

Los lactobacilos vivos que conforman el inoculo de la investigación son los que producen ácido láctico, así mismo disminuyen el pH del ensilaje (3.8 – 4.2) esto ocurre en las primeras 24 horas del proceso de fermentación, generando probióticos naturales que inhiben la proliferación de microorganismos indeseables evitando de esta forma perdidas y por consiguiente se mejora la estabilidad y la calidad del silo.

Para alcanzar un máximo rendimiento de los ensilajes es preciso mantener una concentración mínima de 10^6 UFC/g de bacterias lácticas. “Generalmente en la microflora del forraje fresco el número de bacterias lácticas es bajo (menor a 10^6 UFC/g), insuficientes para acelerar la fermentación láctica”. (Mier, 2009, p.16).

Sustratos

Este tipo de aditivo se le conoce también como estimulantes, son azúcares o productos ricos en carbohidratos como la melaza. Normalmente los estimulantes ayudan al crecimiento de las bacterias ácido lácticas. Son fuentes ricas en carbohidratos solubles, entre los posibles productos a utilizar esta la melaza.

Melaza

Es un subproducto de la molienda de la caña de azúcar. Se utiliza como aditivo para incrementar la palatabilidad y facilitar la reducción a comprimido de las raciones convencionales mezcladas en seco”. (Betancourt *et al.*, 2003)

El uso de melaza en la alimentación de rumiantes en el trópico es por su relativo bajo costo y para compensar el bajo contenido de azúcares en los forrajes, aumentar la disponibilidad de carbohidratos solubles para las bacterias ácido lácticas y disminuir las pérdidas en la primera fase de fermentación anaeróbica del material ensilado, favoreciendo la conservación y calidad del silo. Las proporciones de melaza a utilizar varían de 2 a 10%, en dependencia del tipo y calidad de forraje utilizado. (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SAGARPA], 2016)

3.6 Características sensoriales y físicas del ensilaje

Características sensoriales

Color: Este debe ser de un color amarillento, verduzco o bien de color marrón; Pero nunca de color café oscuro o negro.

Olor: Debe poseer un agradable olor aromático alcohol ácido.

Textura: Deber ser firme, para nada babosa, ni pegajosa.

Según Castillo *et al.*, (2011), manifiestan que, si se llega a tener un olor fétido o bien a presentar moho, es probable que el ensilaje ya no sea apto como alimentación para el ganado.

Características físicas

Temperatura: La regulación precisa de aire y la temperatura de ser de 30 a 40°C.

pH: 4.2 o menor.

La conveniente preservación del ensilado para lograr un forraje con altos valores nutritivos depende de la fermentación controlada en el silo y la adecuada proporción de las bacterias lácticas y los carbohidratos solubles. (Wagner *et al.*, 2014)

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación del área de estudio

El experimento se realizó en la finca Santa Rosa de la Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua, localizada geográficamente a los 12°08'15" latitud norte y 86°09'36" longitud oeste. A una altitud de 56 msnm, la temperatura promedio anual es de 27.4°C y precipitación anual de 1200 mm (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales [INETER], 2019).

4.2 Duración del estudio

El estudio tuvo una duración de 120 días.

4.3 Descripción del estudio experimental

Para este estudio se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial, el factor morera con tres niveles de inclusión (0, 19 y 38%) y el factor aditivo con dos niveles (con y sin aditivo). Se utilizaron tres repeticiones por tratamiento (combinación de los niveles de los factores antes mencionados), para un total de 18 unidades experimentales (microsilos).

Los diferentes tratamientos evaluados se presentan en el cuadro 4:

Cuadro 4. Mezclas a ensilar quedaron elaboradas de la siguiente manera

Mezcla	Pasto	Melaza	Morera	Aditivo
Mezcla 1	95%	5%	0%	Sin lactobacilos
Mezcla 2	76%	5%	19%	Sin lactobacilos
Mezcla 3	57%	5%	38%	Sin lactobacilos
Mezcla 4	95%	5%	0%	Con lactobacilos (300 ml)
Mezcla 5	76%	5%	19%	Con lactobacilos (300 ml)
Mezcla 6	57%	5%	38%	Con lactobacilos (300 ml)

Fuente: Propia

4.3.1 Modelo Aditivo Lineal

El modelo aditivo lineal utilizado para un DCA con arreglo factorial, fue:

$$Y_{ijk} = \mu + M_i + L_j + ML_{ij} + e_{k(ij)}$$

Donde:

Y_{ijk} : representa la k-ésima observación de la ij-ésima combinación de tratamientos.

μ : estima a la media general.

M_i : efecto del i-ésimo nivel de inclusión del factor morera.

L_j : efecto del j-ésimo nivel de inclusión del factor lactobacilos.

ML_{ij} : Efecto de interacción entre los factores morera y lactobacilos.

$e_{k(ij)}$: representa el error aleatorio asociado con la k-ésima observación de la ij-ésima combinación de tratamientos.

4.4 Manejo del estudio

En este estudio. Dicho experimento comprendió de dos etapas: la etapa experimental 1, que se extiende desde la fase aeróbica, la fase fermentativa, y fase de estabilidad aeróbica. Y la etapa experimental 2, que comprende la fase del deterioro aeróbico, más una valoración de las características organolépticas del ensilaje.

4.4.1 Etapa pre-experimental

Preparación de envases

La elaboración de los microsilos se inició con la preparación de envases de vidrios, con una capacidad de 1.8 l, una tapa metálica de rosca con un orificio de 1 cm de diámetro en el centro para ajustar con silicón industrial la trampa de fermentación (permite la salida de los gases de la fermentación e impide la entrada de oxígeno al microsilo).

Los envases se lavaron con agua y detergente, se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 1% y se secaron a temperatura ambiente, para su posterior utilización.



Figura 1. Envase desinfectado y listo para ser utilizado.

Preparación del lactobacilo artesanal

En un recipiente de vidrio se colocó una libra de arroz y se le añadió dos litros de agua destilada, se tapó con una gasa esterilizada y se dejó fermentar por 72 horas. Transcurrido ese tiempo, se filtró utilizando un pascón de malla fina y se descartó la parte sólida.

El producto líquido obtenido se colocó en un recipiente de vidrio y se le agregó semolina, se cubrió con gasa esterilizada y se dejó fermentar por 24 horas. Transcurridas las 24 horas se filtró para separar y descartar el material sólido.

La solución obtenida anteriormente se depositó en un recipiente de vidrio y se le añadió dos litros de leche entera sin pasteurizar, se cubrió con una gasa esterilizada y se permitió su fermentación por un periodo de 24 horas.

Después de transcurridas las 24 horas se realizó la separación del producto sólido sobrenadante (tipo cuajada) dejando únicamente el producto líquido, que constituye el cultivo madre de bacterias ácido lácticas.

Finalmente, para la preparación de la mezcla del lactobacilo que se utilizó en los microsilos se tomaron 200 ml del cultivo madre y se colocaron en un recipiente de vidrio, se le añadió 800 ml de agua destilada y una taza de melaza; se tapó con una gasa esterilizada y se dejó reposar por 24 horas para su posterior utilización (Figura 2).



Figura 2. Preparación artesanal del aditivo de lactobacilos.

Concentración unidades formadoras de colonias (UFC) de lactobacillus sp

Conteo de UFC

Se realizó en el laboratorio de microbiología, el conteo de colonias en una de las diluciones (10^{-6}) del cultivo madre de lactobacilo, obteniendo un resultado de 140, este resultado se multiplico por 4 (ya que se utilizó 0.25 ml de dilución) obteniendo un resultado final de 560,000000 UFC por ml (Figura 3).

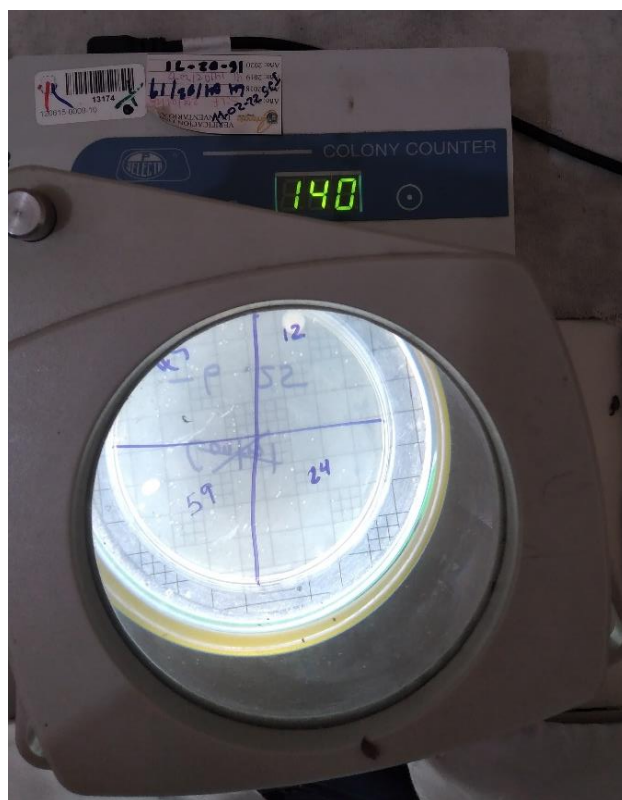


Figura 3. Conteo de unidades formadoras de colonias del lactobacilo.

Cosecha del follaje de brachiaria híbrido Cobra y Morus alba L

Para la cosecha de la biomasa forrajera se utilizó 1 ha de brachiaria híbrido Cobra y 0.5 ha de *Morus alba L.* (1 m entre surco y 1 m entre plantas), en ambas especies se realizó un corte de uniformidad, para garantizar la disponibilidad de rebrotes de 60 días de edad.

El corte del pasto brachiaria híbrido Cobra se realizó de forma manual con machete, a una altura de 30 cm del suelo; para el corte del follaje de *Morus alba L.* se utilizó tijeras de podar y se cortaba a una altura de 50 cm del suelo, seleccionando en este caso únicamente las hojas.

La biomasa fresca del pasto Cobra y de morera se sometió a un proceso de marchitez bajo sombra durante 3 horas para eliminar el exceso de humedad, luego, se tomaron muestras de 500 g al forraje de ambas especies y fueron enviadas inmediatamente al laboratorio de bromatología para su posterior análisis químico.

La biomasa forrajera fue procesada en una picadora mecánica estacionaria, de forma separada, garantizando un tamaño de partícula de 2 cm, para facilitar la compactación dentro de cada microsilo.

Elaboración de microsilos

Para la elaboración de los microsilos se utilizaron recipientes de vidrio de 1.8 l de capacidad. Los recipientes fueron pesados individualmente en una balanza digital electrónica KERN EWN con precisión de lectura de 0.01 g, se identificaron según tratamiento y repetición. Los pesos se registraron en una hoja de cálculo.

En una lámina de plástico de polietileno color negro se procedió a preparar de forma manual la mezcla correspondiente a cada tratamiento y sus respectivas repeticiones, garantizando las proporciones descritas en el Cuadro 4 (brachiaria híbrido Cobra, *Morus alba* L., melaza y con o sin la adición de lactobacilos). Para la preparación de las mezclas se utilizó guantes quirúrgicos (Figura 4).



Figura 4. Mezcla de biomasa de pasto brachiaria híbrido Cobra y *Morus alba* L.

Por cada tratamiento (6) y repetición (3) se tomó una muestra (18 en total) de 500 g y fueron enviadas inmediatamente al laboratorio de bromatología, para determinar el contenido de materia seca.

El llenado de cada microsilo (Figura 5) se realizó en capas de 5 cm de espesor, cada capa fue compactada con la ayuda de un apisonador de madera. Una vez lleno, se taparon con su

respectiva tapa metálica de rosca y su trampa de fermentación. El sellado de los envases se efectuó colocando silicón industrial alrededor de la tapa de rosca y de la trampa de fermentación, para garantizar la hermeticidad de cada microsilo.



Figura 5. Llenado y compactación de microsilos con pasto brachiaria híbrido Cobra, follaje de *Morus alba* L., melaza, con y sin adición de lactobacilos.

Los microsilos llenos, compactados y sellados, se pesaron individualmente (según tratamiento y repetición) para obtener el peso inicial. Los datos se registraron en una hoja de cálculo. Todos los microsilos fueron colocados en una habitación protegida de los rayos solares (Figura 6).



Figura 6. Microsilos ubicados en una habitación y protegidos de los rayos solares.

Manejo de los microsilos

En una habitación protegida de los rayos solares, se colocó un termohigrómetro digital modelo testo 608 - H281, para monitorear diariamente, dos veces al día (10: 00 am y 2:00 pm), la temperatura y humedad relativa del ambiente en el área experimental (Figura 7).

Los microsilos se pesaron individualmente (según tratamiento y repetición) cada 48 horas en una balanza digital electrónica KERN EW-N con precisión de lectura de 0.01 g. Los pesos se registraron en una hoja de cálculo (Figura 8).



Figura 7. Termohigrómetro digital, modelo testo 608-H281.



Figura 8. Pesaje individual de cada microsilo, según tratamiento y repetición.

Trascurridos los 60 días, se procedió a la apertura de los microsilos, utilizando guantes quirúrgicos (para evitar cualquier contaminación) se tomaron muestras de 500 g por cada repetición de cada tratamiento (18 muestras en total) que fueron enviadas inmediatamente al laboratorio de bromatología de la facultad ciencia animal (UNA) para la determinación de pH, contenido de materia seca, proteína cruda y fibra neutro detergente.

Luego se tomaron 50 g de muestra de cada microsilo (18 en total, 6 tratamientos, 3 repeticiones) para la evaluación de características organolépticas (color, olor y textura) por un panel de 5 jueces con experiencia en evaluación sensorial de ensilaje.

4.4.2 Evaluación de la estabilidad aeróbica

Método ashbell

En esta fase se utilizó el método modificado de Ashbell *et al.*, (1990, p.391-393), para ello se elaboró un instrumento utilizando botellas de tereftalato de polietileno (PET) con una capacidad de 1.5 litros. Las botellas fueron lavadas con agua y detergente en polvo, fueron sumergidas en una solución de cloro al 1% para su desinfección y posteriormente secadas a temperatura ambiente.

Para cada repetición se utilizaron dos botellas (PET), a una de ellas se le perforó un orificio de 1 cm en la parte central del fondo, que permitiera la entrada de aire y la inserción de un termómetro de mercurio. A la otra botella se le cortó y eliminó unos 15 cm de la parte superior, quedando únicamente la parte inferior o fondo de la botella que sirvió como base para la inserción de la otra botella (Figura 9).



Figura 9. Instrumento diseñado con botellas de tereftalato de polietileno (PET) para la evaluación de la estabilidad aeróbica del ensilaje.

Manejo de la Fase de Estabilidad Aeróbica

Realizada la apertura de los microsilos y tomadas las muestras para determinación de contenidos de materia seca, proteína cruda, fibra neutro detergente y pH, se procedió a tomar el material restante de cada microsilo y colocarlo en una bolsa plástica con capacidad de 10 kg se

homogenizó durante 5 minutos (Figura 10) y se tomó una muestra de 250 g que fue depositada en la botella entera con el orificio en el fondo (método de Ashbell), se le insertó un termómetro de mercurio para monitorear y registrar la temperatura de la biomasa ensilada la temperatura cada dos horas. Luego, la botella con el material se giró e insertó en la base elaborada con otra la botella. Cada unidad experimental fue identificada según el tratamiento y repetición correspondiente (Figura 11). Todas las unidades fueron colocadas en un área experimental protegida de los rayos solares, el área fue cubierta con un tejido fino (tela de mosquitero) para evitar la entrada de insectos a las unidades experimentales.



Figura 10. Material restante de los microsilos homogenizados.

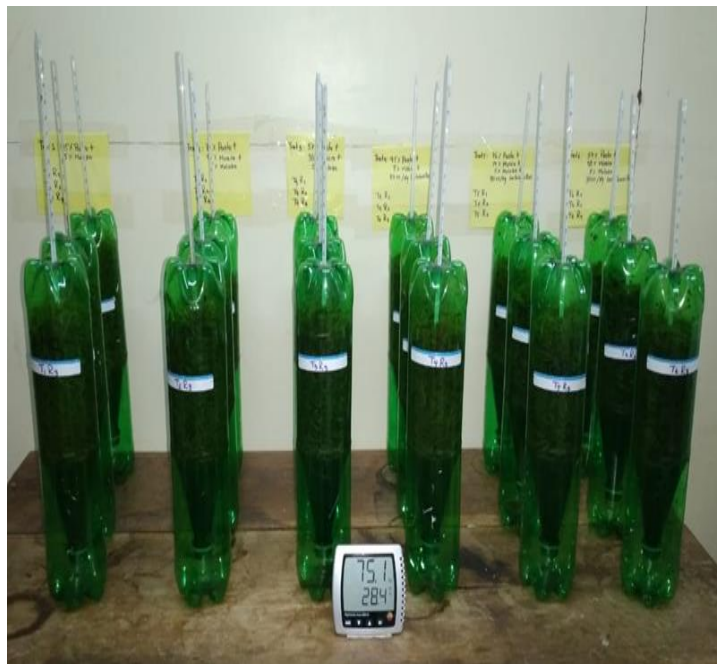


Figura 11. Área experimental de la fase de estabilidad aeróbica (método de Ashbell), con los 6 tratamientos y 3 repeticiones por tratamiento, debidamente identificados.

La temperatura ambiente y la humedad relativa de la habitación, se monitoreó cada dos horas utilizando un termohigrómetro digital modelo testo 608 - H281 (Figura 11). La temperatura del material colocado en cada una de las unidades experimentales, se monitoreó cada dos horas con la ayuda de los termómetros de mercurio insertos en cada una de ellas (Figura 11)

Para considerar que el material colocado en una unidad experimental había sufrido deterioro aeróbico, la medición de la temperatura interna del material, debía alcanzar una temperatura 5 °C superior a la temperatura ambiente, en tres lecturas consecutivas. Cuando esto ocurría se daba por finalizada la fase de estabilidad aeróbica en esa unidad experimental.

4.4.3 Variables evaluadas

Etapas experimentales 1, se evaluaron las siguientes variables:

Patrones de fermentación

- **Peso del ensilaje**

Es el peso en g del material ensilado sin el frasco, realizado cada 48 horas durante 60 días.

- **Pérdida de peso del ensilaje**

Se calculó como la diferencia entre el peso (g) inicial y final de cada una de las mezclas de los microsilos.

- **Pérdidas por gases**

Se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$PG (\%) = \frac{(PSe(g \text{ o } kg) * MSe) - PSa (g \text{ o } kg) * MSa}{(PSe (g \text{ o } kg) * MSe)}$$

PG (%) = Pérdidas por gases en % de la materia seca

PSe = Peso del silo lleno al momento de ensilar expresado en g o kg

MSe = Contenido de materia seca del material al momento de ensilar expresado en %

PSa = Peso del silo al momento de la apertura expresado en g o kg

MSa = Contenido de materia seca del material al momento de abrir el silo expresado en %

➤ Recuperación de materia seca

Este se calculó usando la siguiente fórmula:

$$\text{RMS (\%)} = [(\text{MFa} * \text{MSa}) / (\text{MFe} * \text{MSe})] * 100$$

RMS = Recuperación de materia seca expresado en %

MFa = Masa de forraje en la apertura expresada en g o kg

MSa = Contenido de materia seca del material al momento de abrir el silo expresado en %

MFe = Masa de forraje al momento de ensilar expresado en g o kg

MSe = Contenido de materia seca del material al momento de ensilar expresado en %

En la etapa experimental 2 se evaluaron las siguientes variables:

Composición química

Se determinó materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra neutro detergente (FND) y pH del material ensilado enviando una muestra de cada una de las unidades experimentales al laboratorio de bromatología.

Tiempo al deterioro aeróbico

Se determinó el tiempo al deterioro aeróbico (TDA) el cual fue calculado como el tiempo en horas que se le tomaron a las muestras, desde el momento que se ubicaron en las unidades experimentales hasta que lograron alcanzar los 5°C tres veces consecutivas por encima de la temperatura ambiente. Luego se transformó a días dividiendo el número de horas en que tardó cada tratamiento en deteriorarse entre las 24 horas de cada día.

Caracterización organoléptica de los ensilajes

En el Cuadro 5 se presenta la escala de valoración organoléptica usada en el estudio. Para esto, se utilizó cinco jueces.

Cuadro 5. Escala para la valoración organoléptica de los ensilajes

Variable	Características
Color	<ul style="list-style-type: none"> - Negro, marrón oscuro o casi negro. - Verde oscuro. - Amarillento pálido, tallos más pálidos que las hojas. - Amarillo oscuro, verde amarillento, o verde aceituna.
Olor	<ul style="list-style-type: none"> - Putrefacto, desagradable, olor a mantequilla rancia, ácido butírico. - Fuerte olor a vinagre (ácido acético). - Agradable, ligero aroma a vinagre, encurtido. - Olor a miel o azucarado, agridulce, olor a fruta madura.
Textura	<ul style="list-style-type: none"> - Amorfo, jabonoso, viscoso, gelatinoso. - Húmedo al tacto y brillante. - Se pueden separar las hojas de los tallos, vasos venosos y amarillos. - Facilidad para desagregar, conserva sus contornos continuos, vasos venosos ligeramente amarillos.

Fuente: Propia

4.6 Análisis de datos

Para evaluar el efecto de adición de morera y lactobacilos sobre los patrones de fermentación, tiempo al deterioro y caracterización organoléptica de los ensilajes, se utilizó modelos no lineales, modelos lineales, y modelos lineales mixtos. Después del ajuste de cada modelo, se realizaron análisis de residuales por medio de inspección visual de gráficos para detectar violaciones a los supuestos de homocedasticidad y normalidad.

Se ajustó un modelo no lineal de decrecimiento exponencial para evaluar la dinámica del peso del ensilaje (fase anaeróbica) en cada combinación de tratamientos. Los parámetros fueron obtenidos usando una matriz robusta de varianza-covarianza (estimador sándwich). La ecuación utilizada fue la siguiente:

$$y = a + (b - a) \exp(-\exp(c) x)$$

Las medidas de bondad de ajuste del modelo para cada combinación de tratamientos fueron la Raíz del error cuadrático medio (RECM) y el índice de concordancia de Willmott (d).

Se utilizó modelos lineales robustos con un estimador “biweight MM” para pérdida de peso del ensilaje (fase de fermentación anaeróbica) y MS, PC, pH, TDA, y un modelo lineal ajustado por mínimos cuadrados generalizados usando una estructura de función de varianza que permitiera diferentes varianzas por estrato para FND (fase de estabilidad aeróbica). Se realizó pruebas de comparaciones múltiples usando la Prueba de Tukey.

Para la valoración organoléptica (color, olor y textura) de los ensilajes por parte de los cinco jueces se ajustó un modelo mixto logit acumulado con el factor “juez” como efecto aleatorio usando el paquete ordinal (Christensen, 2019).

Todos los análisis fueron realizados con el software estadístico R (R Core Team 2022).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Etapa experimental 1

5.1.1 Patrones de fermentación

Peso del ensilaje

En el Cuadro 6 se presenta los parámetros y errores estándar estimados para la descripción de la dinámica del peso de los ensilajes en función del tiempo en cada tratamiento. El parámetro “a” representa el valor asintótico del peso del ensilaje, el parámetro “b” es el peso del ensilaje al tiempo cero y el parámetro “c” corresponde a la tasa constante de disminución del peso hacia el peso asintótico. Todos los modelos ajustados de cada tratamiento presentaron buen ajuste según RECM y d (Cuadro 7) (Figura 12).

Cuadro 6. Estimación de parámetros y errores estándar usando un modelo no lineal de decrecimiento exponencial describiendo el peso de los ensilajes en función del tiempo para cada tratamiento

Tratamientos	Parámetros		
	<i>a</i>	<i>B</i>	<i>c</i>
	Estimador ± EE	Estimador ± EE	Estimador ± EE
0% Morera CL	2348.69 ± 1.45	3266.89 ± 1858.37	0.99 ± 0.76
0% Morera SL	2182.60 ± 1.70	2504.84 ± 280.48	0.43 ± 0.50
19% Morera CL	2306.52 ± 37.11	2325.31 ± 1.66	-4.15 ± 2.61
19% Morera SL	2225.93 ± 65.45	2261.64 ± 8.65	-3.59 ± 2.93
38% Morera CL	2138.91 ± 19.46	2148.64 ± 29.14	-2.28 ± 7.33
38% Morera SL	2141.44 ± 5.62	2173.57 ± 66.67	-0.73 ± 2.40

Fuente: Propia

Cuadro 7. Medidas de bondad de ajuste del modelo no lineal de decrecimiento exponencial describiendo el peso de los ensilajes en función del tiempo durante la fase anaeróbica

Tratamiento	Medidas de bondad de ajuste	
	RECM	D
0% Morera CL	3.58	0.975
0% Morera SL	2.92	0.987
19% Morera CL	1.59	0.881
19% Morera SL	5.67	0.812
38% Morera CL	2.52	0.807
38% Morera SL	3.23	0.880

Fuente: Propia

El peso de los ensilajes con diferentes niveles de inclusión de morera y lactobacilos presentan un comportamiento similar debido a un proceso de fermentación normal.

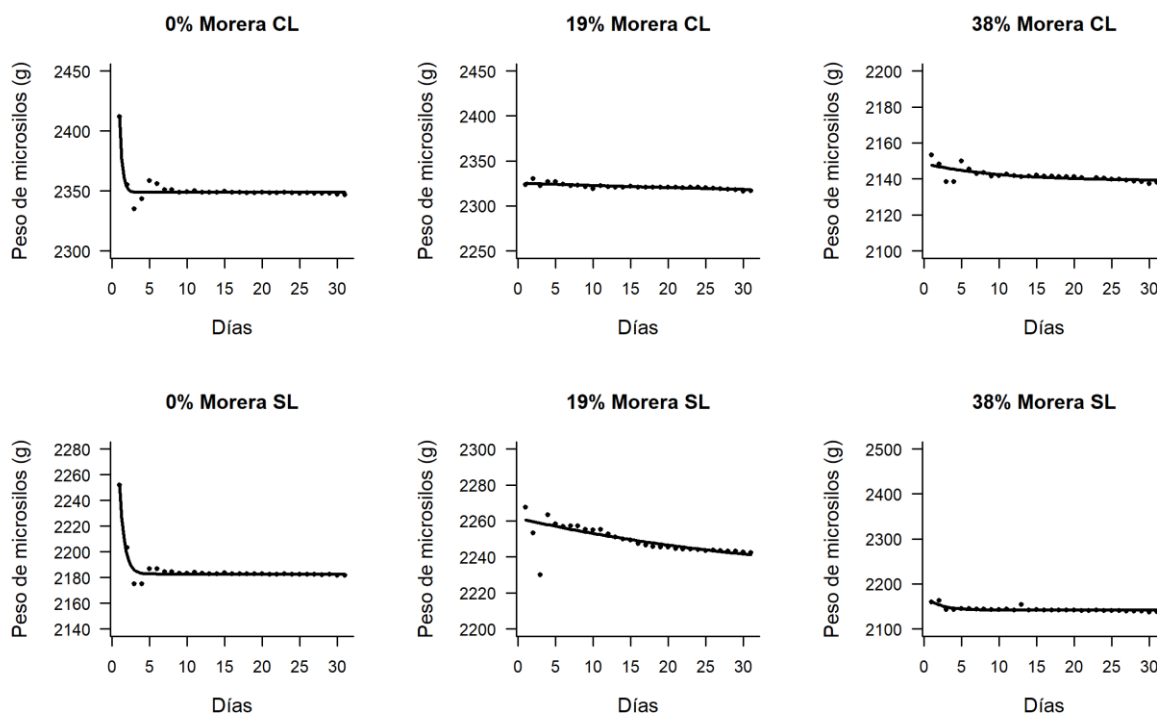


Figura 12. Peso de los ensilajes de brachiaria híbrido Cobra mezclado con diferentes niveles de morera (*Morus alba*) y aditivos biológicos (con y sin lactobacilos).

En la fase aeróbica, existe un proceso respiratorio y enzimático (proteólisis) del forraje durante pocas horas, lo que promueve la actividad de microorganismos estrictos y facultativos. En la fase de fermentación se inicia la generación de un ambiente anaeróbico en el ensilaje ante la reducción de oxígeno presente, dando como resultado el comienzo del proceso de fermentación láctica. El ácido láctico producido, constituye el agente de conservación del ensilado.

Pérdida de peso del ensilaje

La pérdida de peso de los ensilajes depende de la adición de los diferentes niveles de inclusión de morera ($p < 0.05$). La ausencia de morera (0%) incrementó significativamente la pérdida de peso en comparación con aquellas cuando se adiciona 19% morera ($p = 0.0016$) y a 38% morera ($p = 0.0004$). No se encontró diferencia significativa en la pérdida de peso entre 19% morera y 38% morera ($p = 0.9391$) (Figura 13a).

Así mismo, no existe evidencia suficiente para concluir que la adición de lactobacilos afecta significativamente la pérdida de peso de los ensilajes ($p = 0.1075$) (Figura 13b).

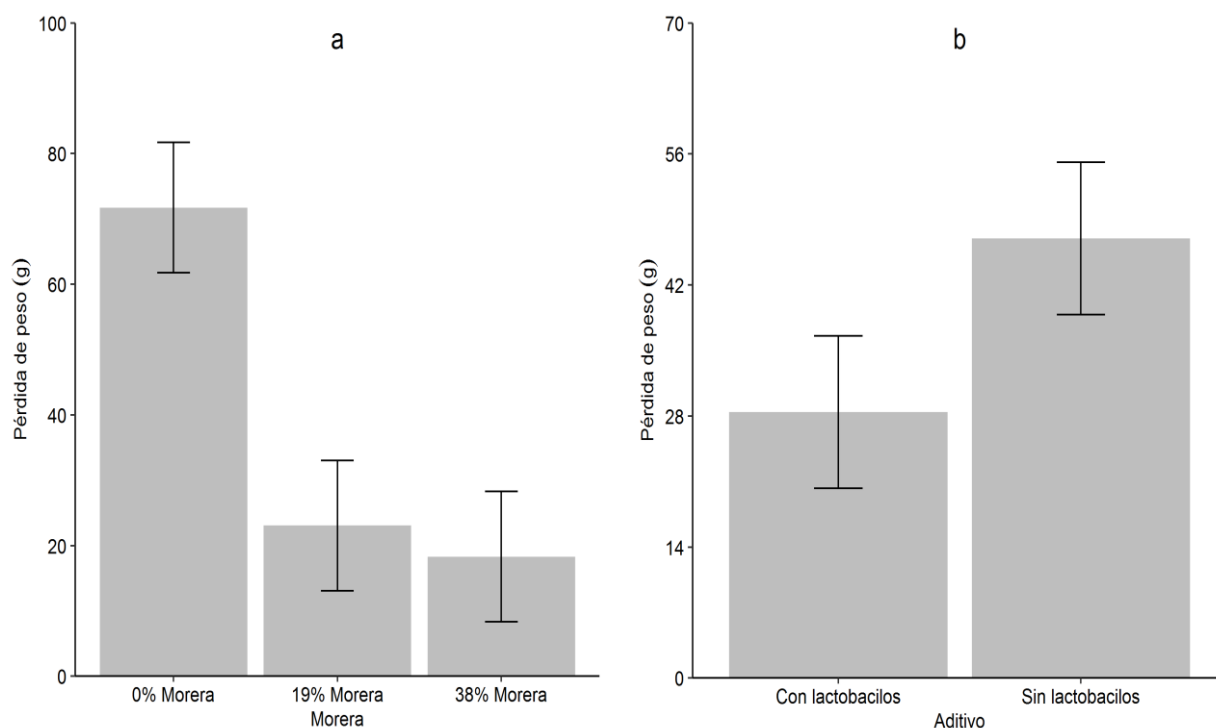


Figura 13. Comportamiento de la pérdida de peso en los ensilajes de brachiaria híbrido Cobra mezclado con diferentes niveles de morera (*Morus alba*) (a) y aditivos biológicos (con y sin lactobacilos) (b).

Pérdidas por gases y recuperación de materia seca del ensilaje

Las pérdidas por gases y recuperación de materia seca para cada nivel de inclusión de morera fueron similares ($p > 0.05$). Sin embargo, la adición de lactobacilos modifica las pérdidas por gases y la recuperación de materia seca en el ensilaje ($p = 0.004$).

Cuadro 8. Pérdidas por gases y recuperación de materia seca

Factores	Pérdida por gases	Recuperación de materia seca
	Media	Media
Morera		
M0	7.7 a	92.3 a
M19	7.6 a	92.4 a
M38	7.8a	92.2 a
Lactobacilos		
Con	8.5 a	91.5 b
Sin	6.9 b	93.1 a

Diferentes letras en la misma columna para cada factor indican diferencias significativas.

5.2 Etapa experimental 2

5.2.1 Composición química

Materia seca del material ensilado

El efecto de la adición de lactobacilos sobre el contenido de materia seca (g kg^{-1}) está en dependencia de los diferentes niveles de inclusión de morera ($p < 0.05$) (Figura 14).

Por lo cual el contenido de MS resultó mayor con 19% de morera en adición de lactobacilos ($p = 0.0012$) y, por el contrario, el contenido de MS con 0% morera ($p = 0.1279$) y 38% morera ($p = 0.0632$) resultaron con contenidos de MS similares con lactobacilos.

El contenido de MS es importante durante el proceso de ensilaje, ya que actúa como controlador de la calidad del proceso fermentativo (García et al. 2010). En consecuencia, Boschini (2003) encontró comportamientos similares a la presente investigación al evaluar diferentes proporciones de maíz y morera, la cual ratifica que ocurren cambios en la MS durante la conservación.

En esta investigación se obtuvieron ensilados de buena calidad, a pesar de que los contenidos iniciales y finales de MS fueron inferiores a los señalados por McDonald *et al.* (1998), quienes consideran que los valores óptimos de MS deben fluctuar entre 32 y 37%.

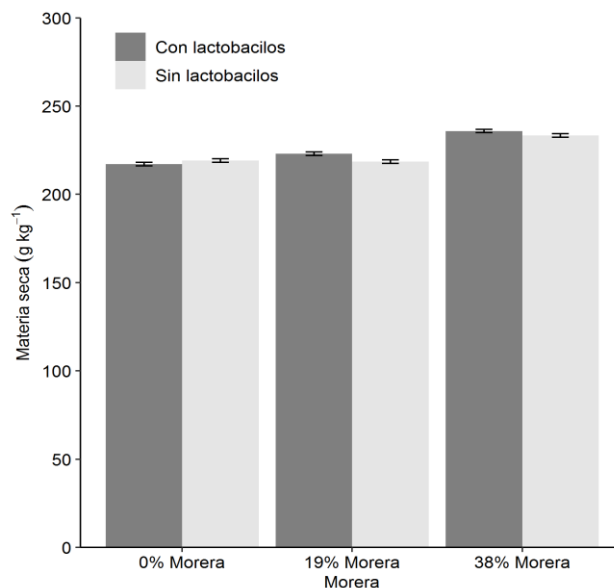


Figura 14. Valores de materia seca (MS) de los ensilajes de brachiaria híbrido Cobra mezclado con morera (*Morus alba*) y aditivos biológicos (con y sin lactobacilos).

Fibra neutro detergente (FND) del material ensilado

El contenido de fibra neutro detergente (FND) del ensilaje está en función de la inclusión de los diferentes niveles de morera ($p < 0.05$) (Figura 15a). La inclusión de 38% morera redujo significativamente la FND con respecto a 0% morera ($p = 0.0058$) y a 19% morera ($p = 0.0150$). No se encontró diferencias significativas ($p = 0.1486$) en la FND entre el 0% y 19% de morera. Es decir, entre mayor sea la inclusión de morera, menos será la FND.

Por otra parte, la adición de lactobacilos en los ensilajes reduce la FND significativamente ($p = 0.0014$) (Figura 15b).

Las gramíneas y árboles forrajeros aumentan la FND de acuerdo con la etapa de madurez de la planta. Un porcentaje adecuado de FND en ensilajes según Castilla y León (2017) debe de ser mayor a 41% siendo este porcentaje incrementado por el estado de madurez de los forrajeros.

En estudios realizados con ensilajes a base de árboles forrajeros, Mora (2010) reporta valores de FND entre 62% y 67%, mostrando resultados similares a este estudio. Por su parte, Amador

y Boschini (2000) evaluaron ensilajes mixtos de maíz y morera encontrando un aumento en los contenidos de FND con valores entre 69% y 74% como consecuencia del proceso de fermentación. En este sentido los valores de FND obtenidos en este estudio de morera mezclado con brachiaria híbrido Cobra difieren a los indicados anteriormente.

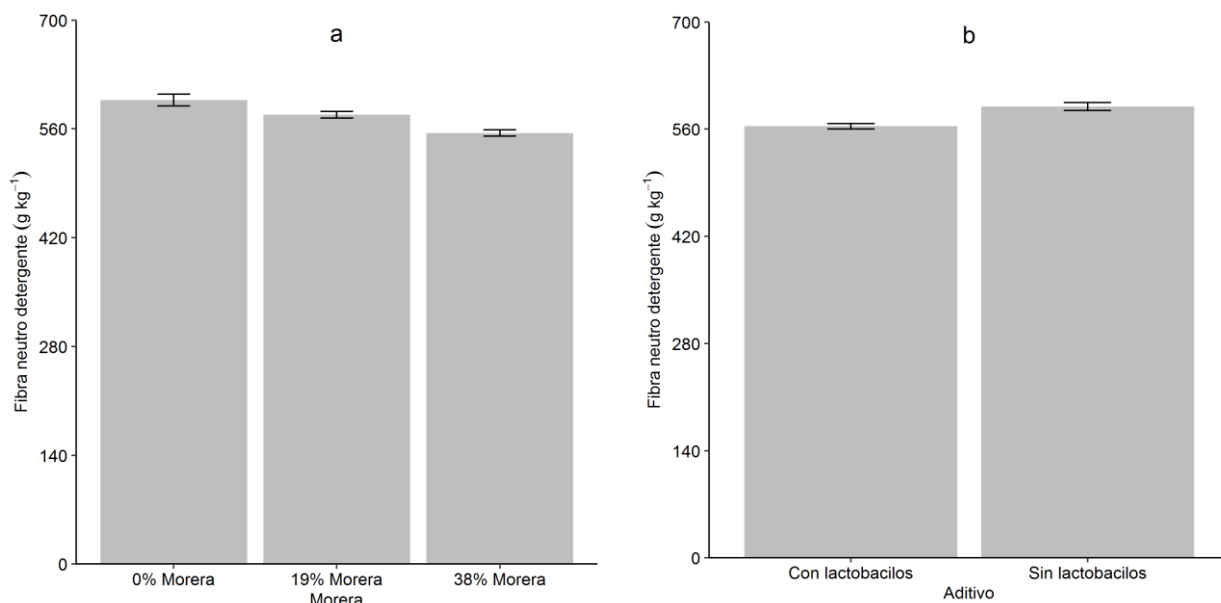


Figura 15. Valores de Fibra Neutro Detergente (FND) encontrados en los ensilajes de brachiaria híbrido Cobra mezclado con diferentes niveles de morera (*Morus alba*) (a) y aditivos biológicos (con y sin lactobacilos) (b).

Proteína cruda (PC) del material ensilado

El contenido de proteína cruda (PC) en los ensilajes está en dependencia de los diferentes niveles de inclusión de morera ($p < 0.05$) (Figura 16a).

A mayores porcentajes de inclusión de morera, mayores los contenidos de PC en los ensilajes ($p = 0.0001$). En cambio, en la adición de lactobacilos en los ensilajes no modificó la PC en los mismos ($p = 0.5192$) (Figura 16b).

Cárdenas *et al.* (2003), encontraron resultados de PC de 87 g kg⁻¹ en su estudio de “ensilajes mixtos de gramíneas y especies arbóreas” donde los ensilajes mixtos tendieron a tener mayores contenidos de proteína cruda cuando el testigo era a base de pasto Taiwán.

Así mismo, Mora (2010) reportó en su estudio valores similares a Cárdenas en ensilajes con morera y maíz. Los valores de proteína resultaron similares con $90,03 \text{ g kg}^{-1}$ con porcentajes de inclusión de morera con 36% 46% y 56%.

El contenido máximo de PC (110 g kg^{-1}) en el ensilaje en nuestro estudio resultó con la inclusión de 38% morera, siendo mayor que los resultados de proteína encontrados en los estudios anteriormente mencionados debido probablemente al uso del pasto brachiaria híbrido Cobra el cual tiene un alto valor de proteína cruda.

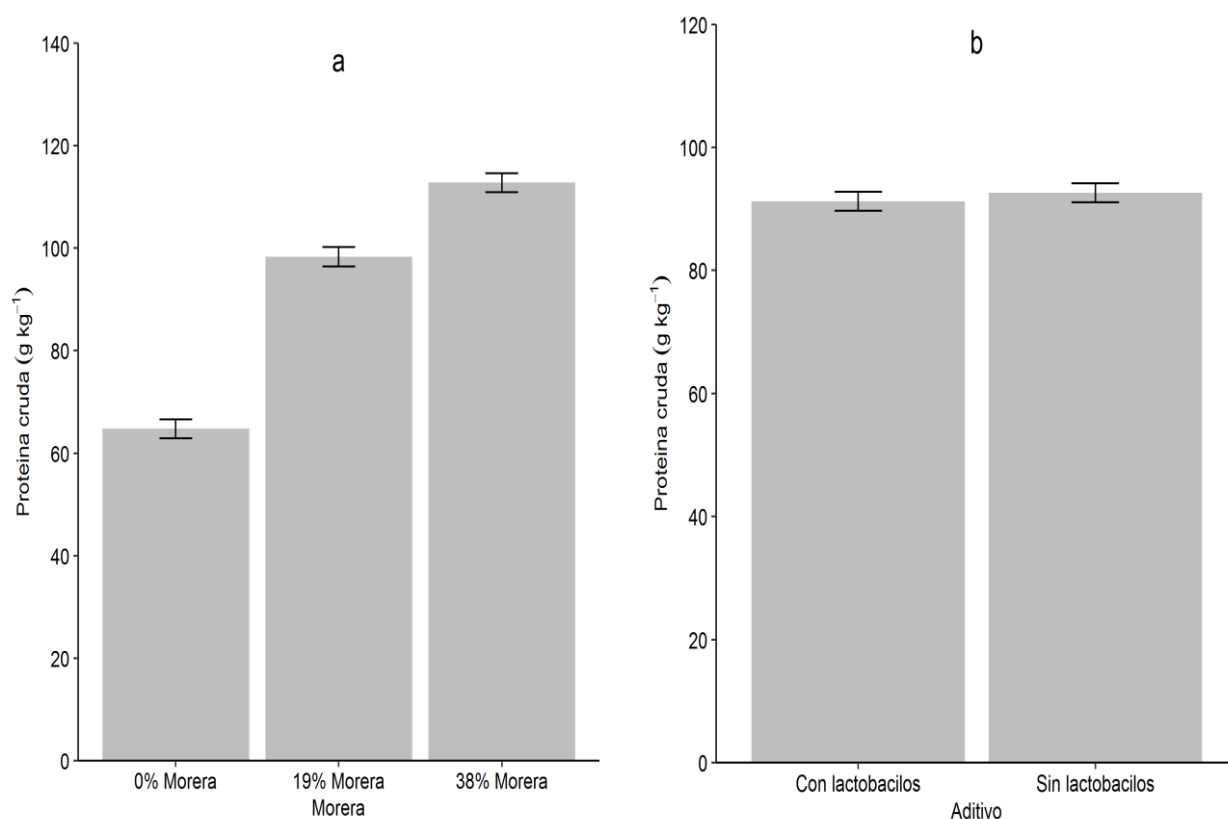


Figura 16. Valores de Proteína Cruda (PC) encontrados en los ensilajes de brachiaria híbrido Cobra mezclado con diferentes niveles de morera (*Morus alba*) (a) y aditivos biológicos (con y sin lactobacilos) (b).

pH del ensilaje

No se encontraron diferencias significativas con respecto a los diferentes niveles de inclusión de morera ($p > 0.05$), y la adición de lactobacilos ($p = 0.6121$) en el valor de pH de los ensilajes (Figura 17 a, b).

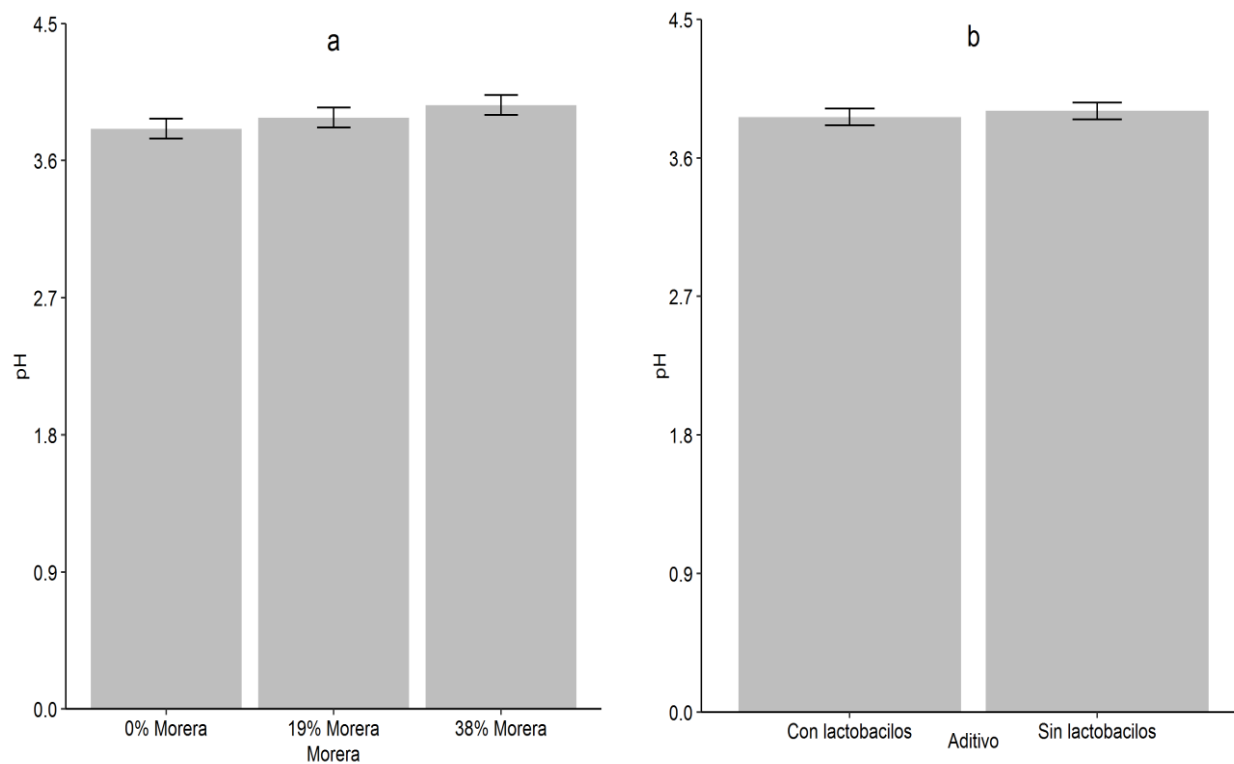


Figura 17. Valores de pH encontrados en la estabilidad aeróbica de los ensilajes de brachiaria híbrido Cobra mezclado con diferentes niveles de morera (*Morus alba*) (a) y aditivos biológicos (con y sin lactobacilos) (b).

Según Hiriart (1998), el valor de pH está en función de la materia seca del ensilaje y de la proporción que exista entre las proteínas y los carbohidratos solubles, de manera, que a mayores contenidos de materia seca el pH puede aumentar, sin que ello implique una mala calidad del silo. Se considera que la estabilidad fermentativa se alcanza con valores de pH inferiores a 4.2.

Vallejo (1995) afirma que, durante el proceso de fermentación del ensilaje se producen fermentaciones que definirán la calidad fermentativa de este, por ende, se considera que el pH es uno de los cambios más determinantes que ocurren.

La morera (*Morus alba*) posee cualidades fermentativas que permiten una excelente conservación, que aún en mezclas con proporciones más altas de la misma, los valores de pH no comprometen la estabilidad del ensilaje (Mangado, 2006).

5.2.2 Tiempo al Deterioro (TAD) del ensilaje

El efecto del TAD en los ensilajes, está en dependencia de los diferentes niveles de inclusión de morera ($p < 0.05$) (Figura 18a). La inclusión del 38% morera redujo significativamente el tiempo al deterioro con respecto a 0% morera ($p = 0.0001$) (77 horas) y con respecto al 19% morera ($p = 0.0304$) (46 horas). Por el contrario, no se encontró diferencia significativa ($p = 0.2057$) en tiempo al deterioro entre el 0% y 19% morera.

Mientras tanto, la adición de lactobacilos no afecta significativamente ($p = 0.8041$) el TAD (Figura 18b).

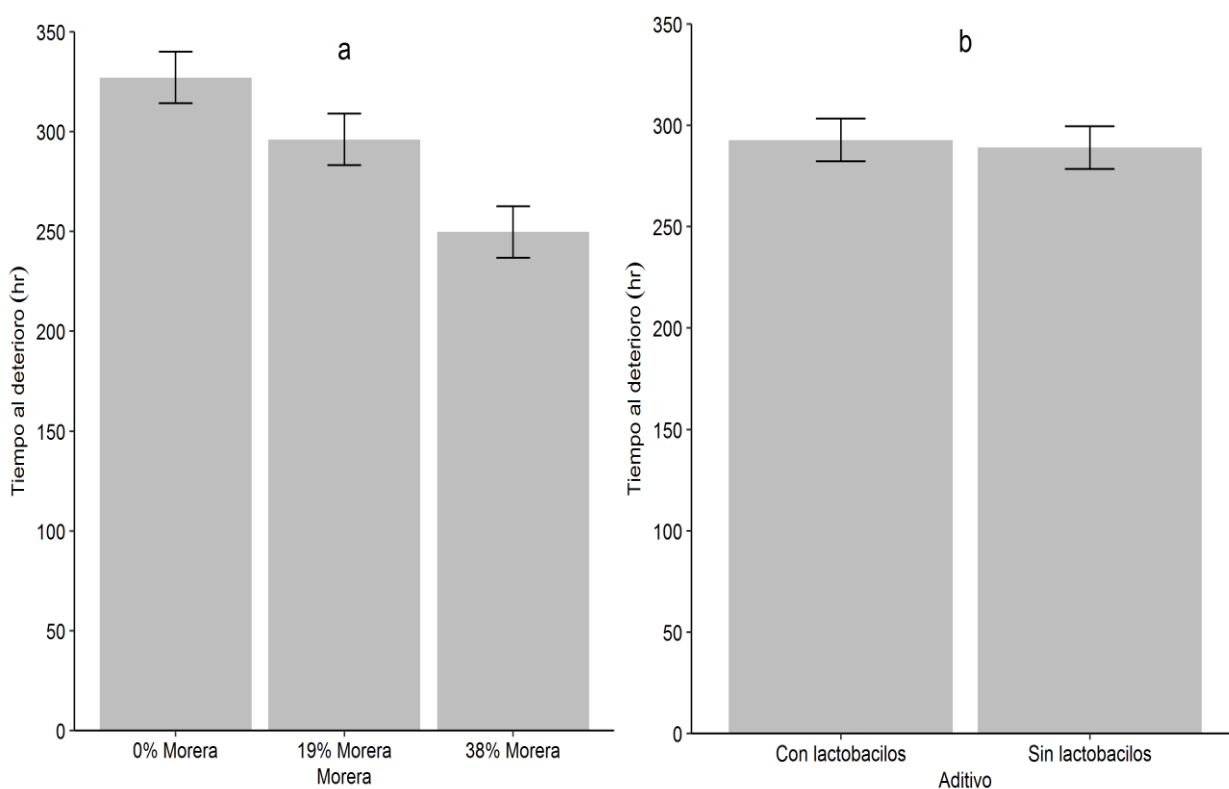


Figura 18. Comportamiento del tiempo en la estabilidad aeróbica en los ensilajes de brachiaria híbrido Cobra mezclado con diferentes niveles de morera (*Morus alba*) (a) y aditivos biológicos (con y sin lactobacilos) (b).

En un estudio realizado por Hiriart (1998), alega que al inicio del deterioro se oxidan los compuestos solubles del ensilado, como los ácidos orgánicos, alcoholes y azúcares, pero es la exposición prolongada al aire la que provoca destrucción de componentes más estables como los polisacáridos de la pared celular, por ende, los microorganismos que causan el deterioro son levaduras y bacterias, seguidos por hongos.

En la investigación de “estabilidad aeróbica de ensilajes de pasturas tropicales nativas” Rodríguez, Acevedo y Riquelme (1997), encontraron que la estabilidad aeróbica de los ensilajes está en dependencia de la especie, contenido de materia seca y duración de la fermentación del material ensilado, además determinaron que el deterioro aeróbico ocurre después de tres días.

Stefanie et al. (1999), menciona que “durante la fase de deterioro aeróbico todo el ensilaje puede ser invadido por mohos y que los mohos no solo disminuyen el valor nutritivo y la palatabilidad del ensilaje, sino que también son un riesgo para la salud de los animales”.

En otros estudios realizados donde es utilizada la morera (*Morus alba*), Ojeda et al. (2006), encontró que las características fermentativas de los ensilajes con forraje arbóreo y la estabilización del pH superior a cuatro, hacen aparecer microorganismos que dañan los ensilajes, así como también levaduras que promueven el deterioro aeróbico de los ensilajes a mediano plazo.

5.2.3 Caracterización organoléptica

Las características organolépticas constituyen medidas subjetivas de la calidad de un ensilaje haciendo uso de los sentidos humanos, y se han convertido en la alternativa de evaluación sensorial de la calidad del ensilaje más práctica y utilizada (Ojeda et al. 1991).

El color de los ensilajes varía entre los tratamientos. ($p < 0.05$). La evaluación organoléptica de los ensilajes muestra uniformidad de criterios entre los jueces, siendo los tratamientos T1, T4, T5 y T6 con una evaluación de muy bueno a excelente (Figura 19).

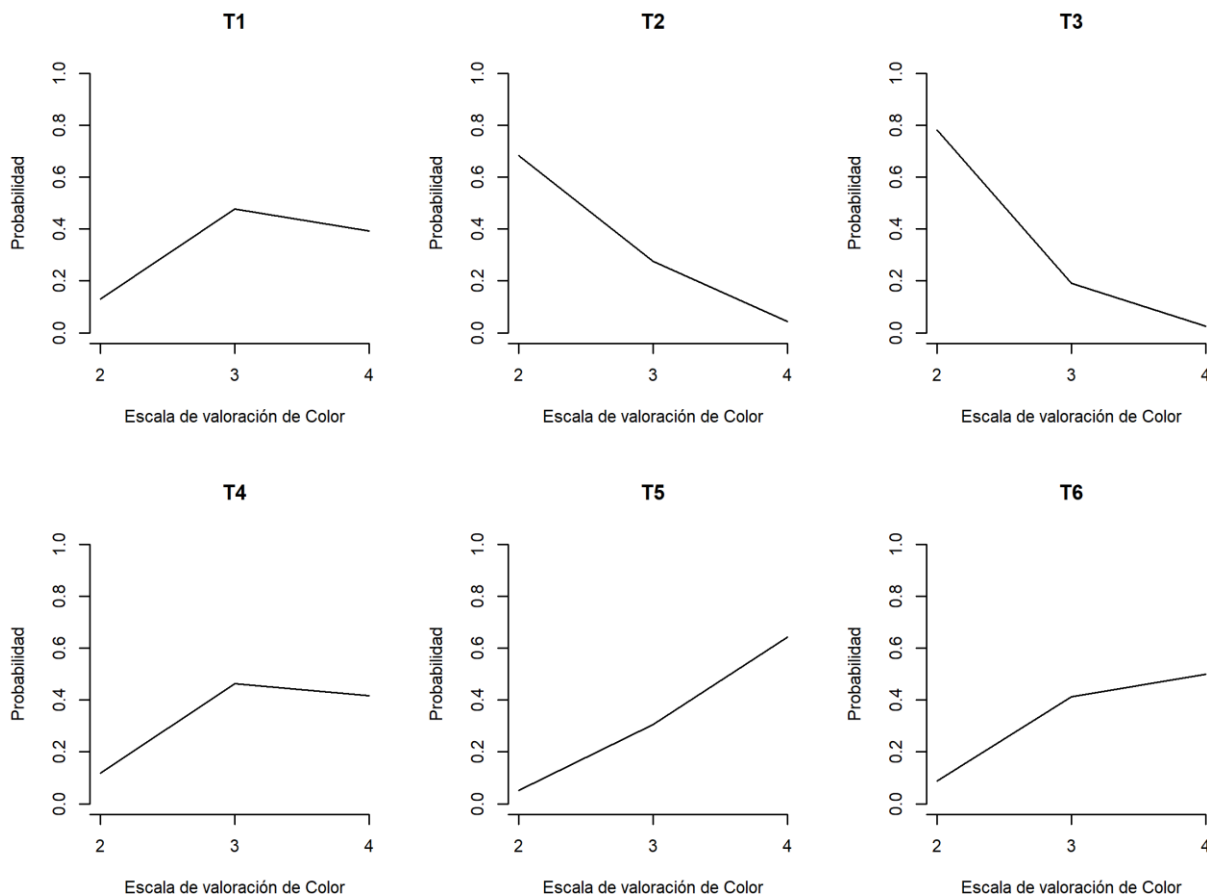


Figura 19. Características organolépticas del color de los ensilajes. T1 (95% pasto, 0% morera, 5% melaza, sin lactobacilos) T2 (76% pasto, 19% morera, 5% melaza, sin lactobacilos) T3 (57% pasto, 38% morera, 5% melaza, sin lactobacilos) T4 (95% pasto, 0% morera, 5% melaza, con lactobacilos) T5 (76% pasto, 19% morera, 5% melaza, con lactobacilos) T6 (57% pasto, 38% morera, 5% melaza, con lactobacilos). Escala de valoración 2 (Bueno) 3 (Muy bueno) y 4 (Excelente).

El olor de los ensilajes varía entre los tratamientos. ($p < 0.05$) (Figura 20). La evaluación organoléptica de los ensilajes muestra uniformidad de criterios entre los jueces, siendo los tratamientos T3, T5 y T6 con una evaluación de bueno a muy bueno y los tratamientos T1, T2 y T4 con una evaluación de muy bueno a excelente. Esta valoración se considera de buena calidad para los ensilajes (Vallejo, 1995).

Se distinguieron dos olores en los ensilajes; uno ligero a vinagre y otro a fruta madura. Los ensilajes fermentados adecuadamente no deben tener un olor fuerte, debido a que la presencia del principal ácido orgánico (ácido láctico) es casi inodoro. La mayoría de los ensilajes tienden a presentar un ligero olor a vinagre (ácido acético) ya que constituye la segunda concentración más alta en el proceso de fermentación. (Kung *et al.*, 2018).

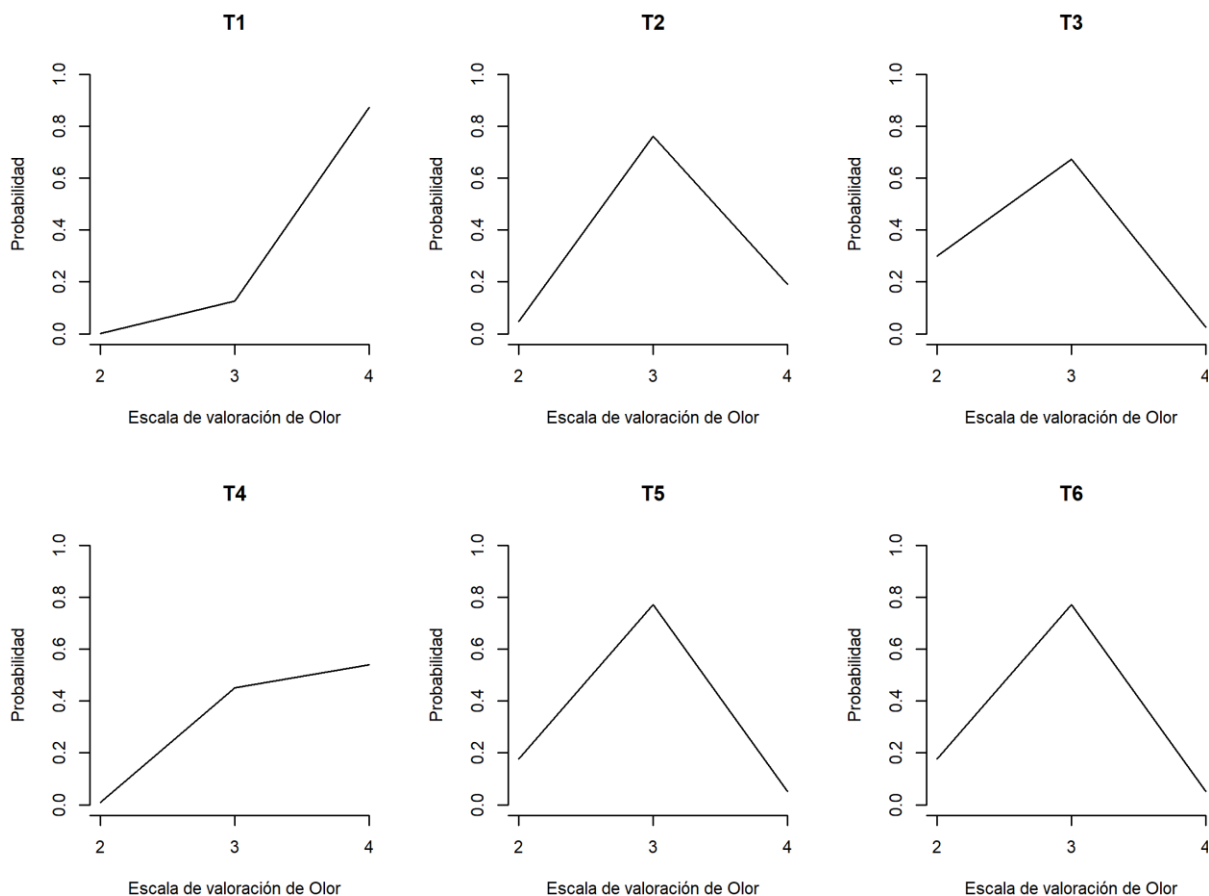


Figura 20. Características organolépticas del olor de los ensilajes. T1 (95% pasto, 0% morera, 5% melaza, sin lactobacilos) T2 (76% pasto, 19% morera, 5% melaza, sin lactobacilos) T3 (57% pasto, 38% morera, 5% melaza, sin lactobacilos) T4 (95% pasto, 0% morera, 5% melaza, con lactobacilos) T5 (76% pasto, 19% morera, 5% melaza, con lactobacilos) T6 (57% pasto, 38% morera, 5% melaza, con lactobacilos). Escala de valoración 2 (Bueno) 3 (Muy bueno) y 4 (Excelente).

La textura de los ensilajes no varía entre los tratamientos. ($p > 0.05$). La evaluación organoléptica de los ensilajes no muestra uniformidad de criterios entre los jueces. Sin embargo, el mayor promedio de valoración por parte de los jueces es de muy bueno a excelente (Figura 21).

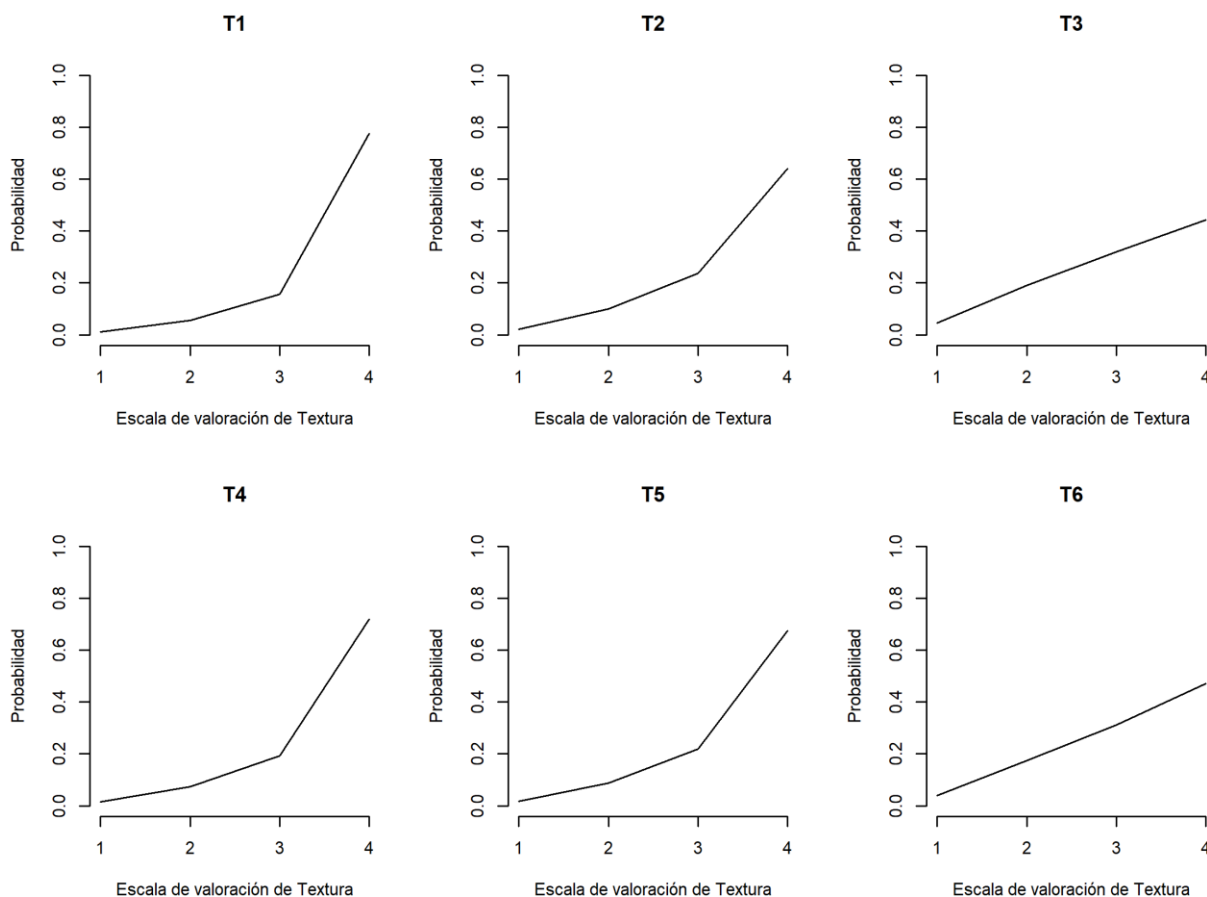


Figura 21. Características organolépticas de la textura de los ensilajes. T1 (95% pasto, 0% morera, 5% melaza, sin lactobacilos) T2 (76% pasto, 19% morera, 5% melaza, sin lactobacilos) T3 (57% pasto, 38% morera, 5% melaza, sin lactobacilos) T4 (95% pasto, 0% morera, 5% melaza, con lactobacilos) T5 (76% pasto, 19% morera, 5% melaza, con lactobacilos) T6 (57% pasto, 38% morera, 5% melaza, con lactobacilos). Escala de valoración 1 (Malo) 2 (Bueno) 3 (Muy bueno) y 4 (Excelente).

VI. CONCLUSIONES

La inclusión de morera (*Morus alba* L.) y aditivos biológicos en el ensilaje a base de brachiaria híbrido Cobra afecta positivamente los patrones de fermentación dando lugar a un ensilaje de excelente calidad. La dinámica del peso de los ensilajes en función del tiempo presentó un comportamiento adecuado entre las diferentes mezclas. La inclusión de morera (71.7, 23.1g y 18.3g para 0%, 19% y 38% de morera, respectivamente) reduce la pérdida de peso en los ensilajes. Las pérdidas por gases y la recuperación de MS fueron similares en los diferentes niveles de inclusión de morera, sin embargo, la adición de lactobacilos aumenta las pérdidas por gases (8.5% y 6.9%, con y sin lactobacilos, respectivamente) y disminuye la recuperación de MS (91.5 y 93.1 con y sin lactobacilos, respectivamente).

Los ensilajes presentaron un aumento de MS (estos resultados varían entre 21.51% y 23.63%) y PC con los niveles de inclusión de morera (oscilan entre 6.22% y 12.45%), sin embargo, el aumento de MS estuvo condicionada por la adición de lactobacilos. Por otra parte, se observó que, entre mayor es el nivel de inclusión de morera menor es la FND (0% morera: 59.63%, 19% morera: 57.93% y 38% morera: 55.18%), a pesar de esto, los valores se mantienen dentro del rango estándar de un excelente ensilaje. El pH fue similar en todas las mezclas (estos valores varían entre 3.47 y 4.20).

Se observó que el tiempo al deterioro fue menor en 46 horas (19% morera) y 77 horas (38% morera) con respecto al 0% morera.

Las mezclas ensiladas fueron valoradas como muy buenas a excelente, constituyéndose en ensilajes de buena calidad.

VII. LITERATURA CITADA

- Acosta, J. C. (2018). Respuesta productiva del pasto Urochloa Híbrido cv Cobra a diferentes estrategias de manejo.
http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/10521/3282/1/Camara_Acosta_J_MC_Ganaderia_2018.pdf
- Alpízar, A., Camacho, M. I, Sáenz, C., Campos, M. E., Arece, J, y Esperance, M. (Eds.). (2014). Efecto de la inclusión de diferentes niveles de morera (*Morus alba*) en la calidad nutricional de ensilajes de sorgo (*Sorghum alnum*). *Pastos y Forrajes*, 37 (1),2-3.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269131241007>
- Carvalho B.F., Fernandes B.T, Piza R.P, Silveira R.C.H., Ruggieri A.C. y Andrade R.R. (2012). Fermentation and aerobic stability of high-moisture corn silages inoculated with different levels of *Lactobacillus*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(11); 2369-2373. <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v41n11/11.pdf>
- Castro, Á., & Orozco, E. (2011). Cultivo de morera (*Morus spp*) y su uso en la alimentación animal <http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/07/00447-manualmorera.pdf>
- Castro, N. M. (2006). *Efecto de la utilización de morera (Morus alba) como sustituto parcial del concentrado en la producción de leche* [Tesis de Licenciatura, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/2778/Efecto>
- Christensen, R. H. B. (2019). ordinal - Regression Models for Ordinal Data. R package version 2019.12-10. <https://CRAN.R-project.org/package=ordinal>.
- Federación de Asociaciones Ganaderas de Nicaragua [FAGANIC], (2020). Contexto actual del sector ganadero en Nicaragua.
<https://funides.com/wpcontent/uploads/2020/01/FAGANIC-ContextoActual.pdf>
- Filippi, R. D. (2011). *Uso de Aditivos Biológicos en Ensilaje*. [Tesis de ingeniería]. Universidad de la Frontera.

- Flores, M.J., Sánchez, R.A., Gutiérrez, R y Echavarría, F.G.2014 Microsilos: Una alternativa para pequeños productores. Folleto para Productores No. 38. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP.18 p.
- Garcés, A., Berrio, L, Ruiz, S, Serna, J. G, y Builes, A. (2004). *Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado* [Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica de Ambato]. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69511010>
- Hernández, A., y Cuadra, D. (2014). *Calidad bromatológica, organolépticas y pH en ensilaje de pasto cubano (Pennisetum purpureum x Pennisetumtyphoides) CV. CT-115 bajo el efecto de cuatro aditivos utilizados en la conservación de forraje en la finca Santa Rosa, Sabana Grande, Managua* [Tesis de ingeniería]. Universidad Nacional Agraria, Nicaragua.
- Kung Jr., L.;Shaver, R. D.; Grant, R. J. y Schmidt, R. J. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *J. Dairy Sci.* 101 (5): 4020 – 4033, 2018. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>
- Llano, D. R., y Mora, F. C. (s/f). *Estudio del deterioro aeróbico en ensilados de hierbas: Soghum vulgare y Cynodon nlemfuensis* [Tesis de maestría]. Universidad de Granma.
- Manuel, F., Segundo, Z., Luz, Z., y López Castillos, G. (2017). Consideraciones generales sobre el proceso de elaboración de Silos.
- Mendieta, B., Fariñas, T., Reyes, N., & Mena, M. (2015). *Conservación de forrajes*. <https://infopastosyforrajes.com/libros-y-manuales-pdf/manual-conservacion-de-forrajes/>
- Quiñones, J., Cardona, J., y Castro, E. (2020). Ensilaje de arbustivas forrajeras para sistemas de alimentación ganadera del trópico altoandino. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.662>
- R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [Software]. <https://www.R-project.org/>

- Reyes, N, Mendieta, B, Fariñas, T, Mena, M, Cardona, J, y Pez, D. (2009). *Elaboración y utilización de ensilajes en la alimentación del ganado bovino*. <https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7886/173.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Stefanie J.W.H, Elferink, O., Driehuis, F., Gottschal, J. C, y Spoelstra, S. F. (s/f). *Estudio 2.0 - Los procesos de fermentación del ensilaje y su manipulación*. Fao.org. <https://www.fao.org/3/X8486S/x8486s04.htm>
- Urdaneta, J., y Borges, J. (2013). *Características organolépticas, fermentativas y nutricionales de silajes Mixtos de Pennisetum ssp. hybridum*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA).
- Valverde, D. M. (2010). Consumo de morera (*Morus alba*) fresca mezclada con ensilaje de maíz por el ganado Jersey en crecimiento. Recuperado de http://www.mag.go.cr/rev_meso/v21n02_337.pdf
- Villacrés, R. S. (2017). *Efecto de la adición de Bacillus spp. En ensilaje de maíz (Zea mays) sobre la cinética de degradación ruminal in situ y fermentación ruminal in vitro* [Tesis de maestría], Universidad Técnica De Ambato.
- Viloria, Fabian Martínez (2020). Proceso de Ensilaje. *Pastos y Forrajes*. Recuperado de <https://infopastosyforrajes.com/metodos-de-conservacion/proceso-de-ensilaje/>
- Viloria, Fabian Martínez (2021). Ficha Técnica del Pasto Cobra (*Brachiaria* híbrido CV. CIAT BR02/1794). *Pastos y Forrajes*. Recuperado de <https://infopastosyforrajes.com/pasto-de-pastoreo/ficha-tecnica-del-pasto-cobra-brachiaria-hibrido-cv-ciat-br02-1794/>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Encuesta para análisis sensorial

Estimado evaluador, a través del presente instrumento se pretende obtener información veraz, objetiva y confiable sobre las características sensoriales (color, olor y textura) de 18 muestras de ensilados. Este es un ejercicio puramente académico. La información es anónima y las respuestas serán manejadas con estricta confidencialidad. Por favor, marque con una **X** en aquella casilla que mejor represente su criterio o parecer, según la muestra que corresponda.

Muestra No.	Color			
	Negro, marrón oscuro o casi negro	Verde oscuro	Amarillento pálido, tallos más pálidos que las hojas	Amarillo oscuro, verde amarillento, o verde aceituna
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				

Muestra No.	Olor			
	Putrefacto, desagradable, olor a mantequilla rancia, ácido butírico	Fuerte olor a vinagre (ácido acético)	Agradable, ligero aroma a vinagre, encurtido	Olor a miel o azucarado, agridulce, olor a fruta madura
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				

Muestra No.	Textura			
	Amorfo, jabonoso, viscoso, gelatinoso	Húmedo al tacto y brillante	Se pueden separar las hojas de los tallos, vasos venosos muy amarillos	Facilidad para desagregar, conserva sus contornos continuos, vasos venosos ligeramente amarillos
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				

Anexo 2. Materiales y equipos durante el estudio.

- Machete
- Tijeras de podar
- Tijera común
- Plástico negro
- Bolsas plásticas medianas
- Bolsas plásticas quintaleras
- Máquina de podar
- Calibrador de milímetros
- Silicón industrial
- Pistola de silicón
- Baldes
- Regadora
- Atomizador
- Balanza en kg
- Balanza en gramos
- Mecates
- Guantes quirúrgicos
- Sacos
- Apisonador de madera
- Frascos de vidrios con sus respectivas tapaderas
- Trampas de fermentación
- Cinta de embalaje transparente
- Etiquetas adhesivas
- Melaza
- Jeringas
- Mesa
- Libreta
- Lapiceros
- Laptop marca DELL
- Celulares Samsung

- Marcadores
- Cartulina
- Cintas de pH
- Termohigrómetro
- Botellas plásticas (PET) de 1.5 lts
- Termómetros de mercurio
- Arroz
- Agua destilada
- Gasas estériles
- Colador (pazcón)
- Semolina
- Pichel de vidrio
- Cuchara
- Leche entera
- Kit de tinción de gram
- Papel de aluminio
- Papel toalla
- Cloro
- Detergente
- Esponjas (para lavar)
- Taladro
- Tela de mosquitero
- Cutter