



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CONKAL**

**RENDIMIENTO Y VALOR NUTRITIVO DE DOS VARIEDADES
DE GRAMÍNEAS MEJORADAS EN TIZIMÍN, YUCATÁN**

TESIS

Que presenta:

Jalil Eduardo Estrada Cárdenas

Como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Producción Pecuaria Tropical

Director de tesis:

Dr. Ángel Trinidad Piñeiro Vázquez

Conkal, Yucatán, México

Diciembre, 2025



TecNM



Conkal, Yucatán, México a 4 de diciembre de 2025.

El comité de tesis del candidato a grado: Jalil Eduardo Estrada Cárdenas, constituido por los CC. Dr. Ángel Trinidad Piñeiro Vázquez, Dr. José Valentín Cárdenas Medina y Dr. Benjamín Ortiz de la Rosa, habiéndose reunido con el fin de evaluar el contenido teórico-metodológico y de verificar la estructura y formato de la tesis titulada: "Rendimiento y valor nutritivo de dos variedades de gramíneas mejoradas en Tizimín, Yucatán", que presenta como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Pecuaria Tropical, según lo establece el Capítulo 2, inciso 2.13.3, de los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado en el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, dictaminaron su aprobación para que pueda ser presentada en el examen de grado correspondiente.

ATENTAMENTE

Dr. Ángel Trinidad Piñeiro Vázquez

Director de Tesis

Dr. José Valentín Cárdenas Medina

Co-director de tesis

Dr. Benjamín Ortiz de la Rosa

Asesor de Tesis



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Conkal
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Conkal, Yucatán, México a 04 de diciembre de 2025

DECLARATORIA DE PROPIEDAD

Declaro que la información contenida en las secciones de materiales y métodos, resultados y discusión de este documento, es producto del trabajo de investigación realizado durante mi estudio de posgrado y con base en los términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial le pertenece patrimonialmente al Instituto Tecnológico de Conkal. En virtud de lo manifestado reconozco que los productos intelectuales o desarrollos tecnológicos que se deriven de lo correspondiente a dicha información son propiedad de la citada institución educativa.

Ing. Jalil Eduardo Estrada Cárdenas

Agradecimientos.

- Al Instituto Tecnológico de Conkal por permitirme realizar mis estudios de posgrado dentro de la institución.
- Al Instituto Tecnológico de Tizimín por brindarme las facilidades de realizar mi experimento dentro de sus instalaciones.
- A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación por la beca otorgada para la realización de mis estudios de maestría.
- A mis asesores Dr. Ángel T. Piñeiro Vázquez y Dr. José V. Cárdenas Medina por el acompañamiento y consejo durante mis estudios.
- A los profesores que fueron parte de mi plan de estudios por sus aprendizajes y formación.
- A mis compañeros por su amistad y todas las experiencias vividas.
- A mi familia por su constante apoyo y seguimiento en todos mis proyectos.

Índice de contenido

INDICE

I.	INTRODUCCION	1
II.	ANTECEDENTES	3
2.1.	Ganadería Tropical.....	3
2.1.1.	Alimentación de rumiantes en el trópico	4
2.1.2.	Problemáticas de la ganadería tropical.....	4
2.2.	Pasturas Tropicales	5
2.3.	Gramíneas.....	6
2.4.	Fertilización en gramíneas.....	8
2.4.1.	<i>Brachiaria Brizantha</i>	9
2.4.2.	<i>Megathyrsus maximus</i>	10
2.4.3.	Comportamiento productivo en animales alimentados con forrajes tropicales 11	
2.5.	Nutrición de rumiantes en el trópico.....	11
2.5.1.	Requerimientos nutricionales de rumiantes.....	11
2.5.2.	Deficiencia de minerales.....	12
III.	HIPOTESIS.....	14
IV.	OBJETIVOS	15
4.1.	Objetivo general	15
4.2.	Objetivos específicos	15
V.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	16
5.1.	Lugar de estudio.....	16
5.2.	Climatología y precipitación pluvial.....	16
5.3.	Establecimiento y acondicionamiento de parcelas en el Instituto Tecnológico de Tizimín, Yucatán.....	17
5.4.	Diseño experimental	18
5.5.	Corte de homogenización	19
5.6.	Fertilización.....	19
5.7.	Técnica de muestreo de forrajes.....	19
5.8.	Rendimiento del Forraje	20
5.9.	Análisis y evaluación de las muestras	20
5.9.1.	Materia seca	20

5.9.2.	Análisis mineral.....	20
5.9.3.	Análisis estadísticos	20
VI.	LITERATURA CITADA.....	21

Índice de cuadros y/o figuras.

Figura 1 Registro de temperatura máxima, mínima y media mensual registrados durante el periodo de estudio.	16
Figura 2 Registro pluvial total mensual acumulada y máxima en 24 horas registradas durante el periodo de estudio.....	17
Figura 3 Dimensiones y trazos de la parcela demostrativa.....	18

Resumen.

En México, la ganadería se lleva a cabo principalmente bajo condiciones de pastoreo extensivo, esta actividad enfrenta problemas por la escasa disponibilidad y calidad de los pastos y forrajes, así como por deficiencias minerales que afectan la nutrición y productividad del ganado. En los últimos años, se han utilizado diferentes tecnologías aplicadas como una forma de asegurar la disponibilidad de este valioso recurso, generando la necesidad de conocer el valor nutritivo para la formulación de dietas apropiadas para los rumiantes. El objetivo del estudio fue evaluar el rendimiento agronómico, la morfología y el análisis mineral de dos variedades de gramíneas mejoradas *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa y *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. El trabajo se realizó en los meses de junio a diciembre de 2024 en el Tecnológico Nacional de México Campus Tizimín y Conkal, Yucatán. Para este experimento se utilizaron dos cultivos de aproximadamente cinco años de edad, y mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial $2 \times 2 \times 4$ se incluyeron los siguientes tratamientos: T1= *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa y T2= *Brachiaria brizantha* cv. Marandú, con dos niveles cada uno (fertilización 100 kg N-0-0/ha-1 y no fertilización) con cuatro edades al rebrote (D-21, 42, 63 y 84 días), se colectaron cinco muestras por tratamiento. *Brachiaria brizantha* mostró diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) en peso de tallo (D-84) y el rendimiento de tallo (D-84) por hectárea, mientras que *Megathyrsus maximus* presentó una mayor respuesta con efectos estadísticamente significativos ($P < 0.05$) en altura de planta (D-84), peso de tallo (D-21), relación hoja: tallo (D-21), porcentaje de materia seca (D-21), y rendimiento de tallo por hectárea (D-21 y D-84). *Brachiaria brizantha* respondió positivamente a la fertilización en variables morfológicas y agronómicas, especialmente a los 84 días, aunque no se observó incremento en el contenido mineral; los mayores niveles de macro y micronutrientes se registraron en el tratamiento sin fertilizar, particularmente a los 21 y 42 días. En *Megathyrsus maximus*, la respuesta a la fertilización fue menos evidente; las mejores variables morfológicas y agronómicas (altura, diámetro, relación hoja: tallo, peso total, %MS y rendimiento de MS/ha) se presentaron sin fertilización, mientras que los macronutrientes fueron superiores con fertilización a los 21 y 84 días.

Abstract.

In Mexico, livestock production is mainly carried out under extensive grazing conditions. This activity faces challenges due to the limited availability and low quality of pastures and forages, as well as mineral deficiencies that affect animal nutrition and productivity. In recent years, various applied technologies have been used as a strategy to ensure the availability of this valuable resource, highlighting the need to determine its nutritional value for the formulation of appropriate ruminant diets. The objective of this study was to evaluate the agronomic yield, morphology, and mineral composition of two improved grass varieties: *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa and *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. The research was conducted from June to December 2024 at the Tecnológico Nacional de México, Tizimín and Conkal campuses, Yucatán. Two five-year-old stands were used, and a completely randomized factorial design ($2 \times 2 \times 4$) was implemented, including the following treatments: T1 = *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa and T2 = *Brachiaria brizantha* cv. Marandú, with two levels (fertilized with 100 kg N-0-0 ha⁻¹ and unfertilized) and four regrowth ages (21, 42, 63, and 84 days). Five samples were collected per treatment. *Brachiaria brizantha* showed significant differences ($P < 0.05$) in stem weight (D-84) and stem yield (D-84) per hectare, while *Megathyrsus maximus* presented a greater response with statistically significant effects ($P < 0.05$) in plant height (D-84), stem weight (D-21), leaf-to-stem ratio (D-21), dry matter percentage (D-21), and stem yield per hectare (D-21 and D-84). *Brachiaria brizantha* responded positively to fertilization in morphological and agronomic variables, especially at 84 days, although no increase was observed in mineral content; higher macro- and micronutrient levels were recorded in the unfertilized treatment, particularly at 21 and 42 days. In *Megathyrsus maximus*, the response to fertilization was less evident; the best morphological and agronomic variables (height, diameter, leaf-to-stem ratio, total weight, DM%, and DM yield/ha) were observed without fertilization, whereas macronutrient concentrations were higher in the fertilized treatment at 21 and 84 days.

I. INTRODUCCION

En México, la producción de grandes y pequeños rumiantes se desarrolla predominantemente bajo sistemas de pastoreo extensivo en zonas tropicales, donde se emplean forrajes tanto de corte como de pastoreo, compuestos principalmente por gramíneas nativas e introducidas (Hernández Medrano y Corona, 2018).

En las regiones templadas y tropicales, las gramíneas constituyen la principal fuente de alimento para los rumiantes (Torres-Salado et al., 2020). Los sistemas de alimentación basados en forrajes de alta calidad pueden reducir las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por la actividad agropecuaria (Eugène et al., 2021). En este sentido, identificar las características de las gramíneas que sirven como fuente principal de forraje permite desarrollar alternativas de alimentación más sostenibles para los rumiantes.

Pese a la abundante disponibilidad de recursos forrajeros, la ganadería en los trópicos latinoamericanos enfrenta importantes limitaciones en cuanto a la disponibilidad, calidad y productividad de las pasturas, conformadas principalmente por gramíneas naturalizadas de bajo potencial productivo. Asimismo, los prolongados periodos de sequía reducen la producción de forraje, impidiendo satisfacer los requerimientos nutricionales necesarios para el crecimiento, la producción de leche y el mantenimiento de los animales (Romero et al., 2004).

En Yucatán, la baja productividad de la ganadería bovina de carne se atribuye principalmente a factores nutricionales, ya que la alimentación del ganado depende del pastoreo de gramíneas cuya disponibilidad y valor nutritivo varían según la estacionalidad (Cárdenas et al., 2015). La aplicación de nuevas técnicas y conocimientos en la alimentación animal y la producción de forrajes resulta esencial para mantener una oferta constante durante todo el año; entre estas prácticas destaca la conservación y el almacenamiento de forrajes, que permiten enfrentar las limitaciones propias de las diferentes épocas del trópico.

La conservación de forrajes ha sido durante mucho tiempo una práctica fundamental para la ganadería, al permitir el aprovechamiento de este recurso durante los periodos de escasez (Bezerra et al., 2023). En los últimos años, los sistemas ganaderos del sureste de México han incorporado la tecnología de henificación de pastos mejorados como estrategia para

garantizar la disponibilidad de forraje durante todo el año. En el oriente de Yucatán, principal zona ganadera de la región, los forrajes más utilizados son *Megathyrsus maximus* y *Brachiaria brizantha*, en sus distintas variedades según su adaptación a las condiciones locales. Esta situación ha despertado el interés por evaluar los aportes nutricionales y los valores agronómicos de ambas especies.

II. ANTECEDENTES

2.1. Ganadería Tropical

La ganadería es una actividad necesaria para cubrir la creciente demanda de proteína de origen animal, demanda que desde finales del siglo XX ha ido en aumento.

La ganadería bovina se ha ido tecnificando e industrializando cada vez más con la finalidad de hacer frente, de manera eficaz e ininterrumpida, a la creciente demanda de productos de origen animal por parte de una población humana en continua expansión (REDGATRO, 2018).

Las actividades ganaderas en el trópico están condicionadas en cada unidad de producción por diversos factores, como las vías de comunicación, la proximidad a los centros urbanos, el tipo de suelo, el tamaño del rancho, la marcada estacionalidad, la disponibilidad de mano de obra y la capacidad económica. Las principales actividades son la cría y la engorda, mientras que la producción de leche se considera una subactividad derivada de estas dos (Román, 1981).

A nivel global, la ganadería ocupa alrededor de 3.9 mil millones de hectáreas, lo que representa el 30 % de la superficie terrestre de forma directa y el 70 % de manera indirecta, considerando todas las etapas del proceso productivo, desde la producción hasta el consumo y manejo de desechos. En México, cerca de 110 millones de hectáreas se destinan a la actividad ganadera. Del total de forraje producido, el 29.3 % proviene de pastizales naturales, el 41.9 % de praderas inducidas con gramíneas mejoradas, el 4.9 % de cultivos forrajeros y el 23.9 % de residuos agrícolas (REDGATRO, 2018).

En México, la región tropical abarca aproximadamente el 35 % del territorio nacional y se distingue por su alto potencial para la actividad ganadera, al albergar cerca del 50 % del hato bovino del país. No obstante, enfrenta limitaciones en la producción de forraje, tanto en cantidad como en calidad, lo que impide cubrir de manera adecuada las necesidades alimenticias del ganado durante todo el año y dificulta alcanzar una producción pecuaria rentable (Ortega, 2015).

2.1.1. Alimentación de rumiantes en el trópico

Los animales requieren energía para vivir y producir, la mayoría de los alimentos que consumen provienen de las plantas, las cuales aportan tres grupos principales de compuestos energéticos: proteínas, carbohidratos y grasas (Muñoz, 2016). Según Ramírez Lozano (2017), la nutrición de los rumiantes en el trópico se rige por siete principios básicos:

1. Los animales están adaptados para consumir forrajes gracias a los microorganismos ruminales.
2. Para mantener la productividad, es necesario alimentar primero a dichos microorganismos, ya que ellos nutren al hospedero.
3. Los requerimientos nutricionales varían según la etapa fisiológica, el clima y la edad.
4. El forraje fresco, en cantidades adecuadas, puede aportar la mayor parte o la totalidad de la energía y proteína cruda necesaria.
5. Las características nutricionales del forraje dependen del sistema de pastoreo, la estación, la humedad, la madurez de la planta y la especie animal.
6. La suplementación es necesaria cuando el pastizal es escaso o está demasiado maduro.
7. Un exceso de suplementación puede reducir la capacidad de los microorganismos ruminales para aprovechar el alimento.

Los programas de alimentación para rumiantes domésticos (bovinos, caprinos y ovinos) se diseñan para satisfacer sus requerimientos nutricionales específicos dentro de distintos sistemas de producción y con objetivos determinados. Estos programas buscan mantener una nutrición equilibrada con el propósito principal de incrementar la producción de carne, leche, productos lácteos, lana y otros derivados (Castrejón, 2017).

2.1.2. Problemáticas de la ganadería tropical

La baja productividad de los bovinos en el trópico mexicano se debe a la interacción de diversos factores socioeconómicos y políticos que han limitado el desarrollo integral de estas regiones. A ello se suman condiciones adversas como las altas temperaturas ambientales, la

baja calidad de los pastos, la presencia de insectos y enfermedades parasitarias, el reducido potencial genético del ganado, la escasa fertilidad de los suelos, la falta de recursos económicos y la carencia de personal especializado, todos los cuales afectan directamente el progreso de la ganadería tropical

En el trópico mexicano, la distribución anual de la precipitación, evaporación, humedad relativa, nubosidad y temperatura permite distinguir tres épocas climáticas: seca (marzo a mayo), lluviosa (junio a octubre) y de nortes (noviembre a febrero) (Juárez-Hernández y Bolaños-Aguilar, 2007).

La temperatura ejerce un efecto parcialmente antagónico al de la radiación solar, ya que esta última favorece la acumulación de carbohidratos durante la fotosíntesis, incrementando así el contenido de carbohidratos solubles y la digestibilidad de los pastos.

La ganadería tropical se distingue por las elevadas temperaturas que prevalecen durante todo el año, las cuales influyen directa e indirectamente en los procesos fisiológicos de animales y plantas. De manera directa, el calor favorece la transformación de los productos fotosintéticos en compuestos fibrosos de baja digestibilidad, lo que explica por qué los forrajes tropicales presentan menor calidad nutritiva en comparación con los de climas templados, dificultando así su aprovechamiento en el punto óptimo de valor nutricional (Román, 1981).

Otro de los problemas que enfrenta la ganadería tropical es la tendencia de los productores a invertir en tecnologías para incrementar la productividad, olvidando que existen prácticas de bajo o nulo costo que no solo previenen pérdidas en la producción, sino que también pueden mejorar la rentabilidad del sistema ganadero (Demanet, 2011).

2.2. Pasturas Tropicales

La calidad nutricional de los forrajes está determinada por factores como la proporción y cantidad consumida, su digestibilidad, el contenido de nutrientes y la eficiencia con que estos son metabolizados por los animales. Durante la digestión, los microorganismos del rumen degradan parte de los carbohidratos estructurales, permitiendo al animal aprovechar los productos finales, como los ácidos grasos volátiles y el amoníaco, junto con una fracción de la proteína dietética. Además, ciertos microorganismos ruminales sintetizan proteínas y

aminoácidos que el rumiante utiliza posteriormente como fuente de proteína microbiana en su sistema digestivo (Giraldo, 2007).

Uno de los factores que más inciden en la productividad de las especies forrajeras, especialmente en las gramíneas tropicales, es la edad a la que se realiza la defoliación (ya sea por corte o pastoreo). Intervalos prolongados entre defoliaciones pueden resultar perjudiciales, pues provocan una mayor acumulación de material fibroso, reducción del valor nutritivo del forraje y menor consumo voluntario por parte del animal. En contraste, defoliaciones muy frecuentes disminuyen el rendimiento y las reservas de la planta, afectando su capacidad de rebrote (Merlo, 2017).

La edad de la planta al momento de la defoliación debe establecer un equilibrio entre el valor nutritivo y el rendimiento de materia seca (MS), ya que, aunque el rendimiento aumenta con la madurez, la calidad nutricional del forraje disminuye (Van Soest, 1994). De acuerdo con Paredes (2001), conforme los pastos envejecen, su contenido nutricional se reduce debido al incremento de los componentes estructurales y a la disminución de los carbohidratos solubles.

2.3. Gramíneas

Las gramíneas constituyen, sin duda, uno de los grupos vegetales de mayor relevancia económica y biológica, ya que se encuentran entre los más diversos del mundo, ocupando el tercer lugar en número de géneros y el quinto en número de especies (Dávila, 1996).

Las gramíneas representan uno de los grupos de plantas más diversos a nivel mundial, ocupando el tercer lugar en número de géneros y el quinto en diversidad de especies. La familia Poaceae o Gramineae incluye aproximadamente 702 géneros y 9,675 especies en todo el mundo (Clayton y Renvoize, 1986). En México, se han identificado 206 géneros, de los cuales 157 son nativos y 49 introducidos (Valdés y Dávila, 1995). Según Beetle (1987), el país cuenta con cerca de 1,127 especies, de las cuales alrededor del 50 % posee potencial forrajero; sin embargo, solo una fracción es utilizada con este fin, debido a que muchas han sido sustituidas por especies introducidas de uso forrajero, como el sorgo, la avena, el zacate estrella y el pasto bermuda, entre otras (Dávila, 1996).

El valor nutritivo de los forrajes depende de la presencia de compuestos esenciales como proteínas, vitaminas, minerales y carbohidratos, fundamentales para la salud, el crecimiento y la productividad animal. Este valor está influido por las adaptaciones biológicas que favorecen una rápida y eficiente reproducción vegetativa. En general, las gramíneas presentan una mayor proporción de carbohidratos, mientras que las leguminosas destacan por su alto contenido de proteínas. Sin embargo, la calidad, cantidad y distribución de estos nutrientes varían según factores físicos —como el clima, la fertilidad del suelo y la estación del año— y biológicos, entre ellos la etapa de desarrollo o madurez de las plantas, la intensidad del pastoreo y la competencia con malezas (Dávila, 1996).

La calidad o fertilidad del suelo constituye uno de los factores físicos más determinantes en el desarrollo, productividad y calidad de los forrajes, ya que regula el crecimiento vegetal y repercute directamente en su composición nutricional. Los suelos con altos contenidos de minerales esenciales promueven un crecimiento vigoroso y forrajes de mejor calidad (Duffey et al., 1978), mientras que los suelos pobres generan plantas más pequeñas y de menor valor nutritivo. Para contrarrestar estas limitaciones, en las regiones ganaderas de México y otros países se ha generalizado el uso de fertilizantes, aunque de manera poco regulada. No obstante, esta práctica implica costos económicos y ambientales elevados, cuyas consecuencias a largo plazo resultan difíciles de prever (Dávila, 1996).

La vida útil y productiva de los pastizales inicia con la siembra y continúa con su manejo; cuando ambas prácticas se realizan adecuadamente, se aseguran poblaciones vigorosas que favorecen una mayor eficiencia productiva y una mayor durabilidad del pastizal (Vargas, 2014).

Entre los factores biológicos que determinan la calidad de las plantas forrajeras se encuentran: las etapas de desarrollo, las estrategias de propagación y supervivencia, así como la presencia de malezas. Durante las fases juveniles, la actividad metabólica se orienta principalmente a la síntesis de proteínas, mientras que en la madurez se dirige hacia la formación de compuestos de reserva, como los carbohidratos. En las gramíneas, la producción de proteínas es alta en etapas tempranas, pero disminuye conforme la planta madura, incrementándose la acumulación de carbohidratos y la lignificación de los tejidos vegetativos. Sin embargo, el pastoreo puede alterar este proceso, especialmente en plantas

adultas, estimulando la regeneración de tallos y hojas con características similares a las de las fases juveniles (Sullivan y Wilkins, 1948).

2.4. Fertilización en gramíneas

Las gramíneas nativas tropicales se caracterizan por su bajo contenido de proteína, alto nivel de fibra y limitada digestibilidad, factores que dificultan mantener o mejorar la productividad animal. Para compensar su bajo valor nutricional, se han introducido gramíneas mejoradas; sin embargo, estas especies demandan el uso de insumos externos, como herbicidas y mayores cantidades de fertilizantes, lo que incrementa los costos de producción. Por ello, resulta fundamental disponer de especies forrajeras de buena calidad durante todo el año que permitan cubrir los requerimientos nutricionales del ganado en pastoreo (Sánchez, 2005).

La mayoría de las gramíneas perennes cultivadas presentan altos requerimientos de nitrógeno, y los suelos donde se establecen suelen tener bajo contenido de materia orgánica, lo que limita su disponibilidad. Por ello, el nitrógeno se considera el nutriente más restrictivo, y su aplicación genera notables incrementos en cantidad y calidad del forraje. Además, es el nutriente más manejable para alcanzar los objetivos productivos; sin embargo, una fertilización eficiente depende de aplicar la dosis adecuada, en el momento oportuno y con el tipo de fertilizante correcto. Los programas de fertilización para cultivos forrajeros varían según la especie, el potencial productivo bajo las condiciones de suelo y clima, y los objetivos específicos de cada unidad de producción (Robinson, 2006).

En las regiones tropicales se han realizado diversos estudios para evaluar el rendimiento de los forrajes y su respuesta a distintas dosis de fertilización, obteniéndose resultados variables, aunque en general se observa una respuesta positiva a la aplicación de fertilizantes, con aumentos en la producción de materia seca y en el valor nutritivo de los pastos. Entre los nutrientes analizados, el nitrógeno destaca por generar una respuesta consistente en diferentes tipos de suelo, climas y especies forrajeras, ya que participa directamente en la síntesis de proteínas; por ello, la fertilización nitrogenada mejora el contenido proteico y la productividad de las praderas (INIFAP, 1999).

La alimentación del ganado bovino basada en gramíneas ha mostrado bajos niveles productivos cuando los pastos no reciben fertilización, debido a su menor valor nutritivo y a la limitada producción de materia seca (Lamela, 2000). En los suelos tropicales, el nitrógeno

constituye uno de los elementos más importantes, pero también más limitantes, ya que su disponibilidad se ve afectada por procesos como la volatilización, la desnitrificación y la lixiviación (Rocha et al., 2000).

2.4.1. *Brachiaria Brizantha*

Desde inicios de la década de 1990, en los países de América Latina y Centroamérica se ha generalizado el uso de gramíneas del género *Brachiaria* como fuente principal de alimentación para rumiantes, convirtiéndose en uno de los pastos más empleados en la ganadería tropical (Cuadrado et al., 2004).

En México, las especies de este género ocupan un lugar destacado entre los forrajes más importantes, cubriendo alrededor del 6.5 % de la superficie total de pasturas sembradas en la región tropical, sobresaliendo *B. brizantha* por su amplia distribución y rendimiento (Holmann et al., 2005). Gracias a su alta capacidad de adaptación, los pastos del género *Brachiaria* representan una alternativa viable para la ganadería tropical, ya que su buen aporte nutricional y elevada producción de forraje por hectárea les permiten ajustarse a diversas condiciones de suelo y sistemas de manejo, incrementando así la eficiencia y rentabilidad del sistema productivo (Estrada, 2013).

Es una planta herbácea perenne, de porte semirrecto a erecto, que forma macollas y desarrolla raíces en los entrenudos. Sus hojas son lanceoladas, con poca o nula pubescencia, y su inflorescencia corresponde a una panícula racimosa. Presenta una amplia capacidad de adaptación a diferentes condiciones de clima y suelo, creciendo adecuadamente en terrenos de fertilidad media y con variados rangos de pH y textura. Tolera periodos prolongados de sequía, aunque no resiste encharcamientos superiores a 30 días. Posee buena persistencia bajo pastoreo, alta competencia frente a malezas y algunas accesiones son aptas para corte y acarreo. Se utiliza tanto para pastoreo directo como para corte, destacando por su tolerancia al salivazo y a la sequía.

No obstante, la cantidad y calidad del forraje de esta especie, al igual que la de otras gramíneas tropicales, dependen de diversos factores tanto ambientales como propios de la especie (Juárez-Hernández & Bolaños-Aguilar, 2007). Se ha documentado que su rendimiento varía entre 0.3 y 13.5 t MS ha⁻¹, según la edad de crecimiento (Nunes et al., 1985).

En cuanto a su composición química, presenta contenidos de proteína cruda (PC) que oscilan entre 8.9 % y 18.6 %, y de fibra detergente neutro (FDN) entre 57.9 % y 72.7 %, parámetros también influenciados por la edad de la planta (Batista de Andrade et al., 1994; Soares Filho et al., 2002). Esta gramínea concentra la mayor parte de su producción de materia seca durante el periodo de lluvias; sin embargo, existe poca información sobre su comportamiento en otras épocas del año, aunque se presume que su calidad y rendimiento disminuyen durante las temporadas secas y de bajas temperaturas (Merlo, 2017).

2.4.2. *Megathyrsus maximus*

Es una gramínea tropical perenne originaria de Tanzania, África, de porte alto y crecimiento en macollas aisladas que pueden alcanzar hasta tres metros de altura. Su inflorescencia es una espiga abierta con ramificaciones laterales (Rodríguez, 2009). Conocidas comúnmente como “Guineas”, estas especies se caracterizan por su crecimiento vigoroso y su capacidad de uso tanto en pastoreo como en corte. Presentan buenos rendimientos en condiciones de trópico húmedo, aunque requieren suelos de moderada a alta fertilidad o, en su defecto, programas de fertilización adecuados para evitar la pérdida de vigor (Villareal, 1998).

Megathyrsus maximus cv. Mombasa ha sido ampliamente demandado por los ganaderos del trópico latinoamericano debido a sus altos rendimientos y a su excelente aceptación por el ganado. Esta especie puede producir entre 10 y 30 toneladas de materia seca por hectárea, adaptándose a altitudes de 0 a 1500 m s. n. m., precipitaciones anuales de 1000 a 3500 mm y temperaturas elevadas. Es un pasto de porte alto, que puede alcanzar hasta 3 m de altura y entre 1 y 1.5 m de diámetro, lo que permite su aprovechamiento tanto en pastoreo como en corte o ensilado. No obstante, el desconocimiento sobre su manejo adecuado por parte de algunos productores impide alcanzar los rendimientos óptimos que esta especie puede ofrecer (Villareal, 1998).

La producción de *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa depende de la calidad del suelo y de las condiciones climáticas en las que se cultiva. Esta especie puede utilizarse para la producción de heno cuando se corta entre los 40 y 70 días, sin que se altere significativamente el coeficiente de digestibilidad de la materia seca. Presenta una buena calidad nutricional, con una digestibilidad in vitro cercana al 70 % y un contenido de proteína que varía entre 8

% y 22 %. La altura de pastoreo recomendada es de 60 a 80 cm, aprovechándose hasta los 20 cm para mantener un rebrote adecuado (Rodríguez, 2009).

2.4.3. Comportamiento productivo en animales alimentados con forrajes tropicales

Durante varias décadas se ha reconocido que la relación entre la producción y la nutrición en bovinos depende principalmente del consumo de energía y de la condición corporal del animal. No obstante, la cantidad y el tipo de alimento también influyen significativamente en las respuestas productivas y reproductivas. Conocer el potencial nutritivo de los alimentos y forrajes resulta esencial para la formulación y el balanceo de raciones; sin embargo, es necesario comprender los mecanismos que explican las diferencias entre animales, alimentos y sus interacciones, con el fin de mejorar la eficiencia en la producción animal (Mejía, 2007). En las regiones tropicales, la alimentación de los rumiantes se fundamenta en el consumo de forrajes, que debido a su alta producción de biomasa constituyen una alternativa viable para mejorar la productividad ganadera. Por ello, es fundamental determinar su contenido nutricional, digestibilidad y grado de aceptación, con el propósito de estimar los nutrientes disponibles y la cantidad realmente aprovechada por el animal (Ortega, 2015).

El pasto constituye la opción de alimentación más económica para los rumiantes; por ello, cuanto mayor sea el control sobre su producción y aprovechamiento, mayores serán las posibilidades de aumentar la rentabilidad del sistema productivo (Demagnet, 2011).

2.5. Nutrición de rumiantes en el trópico

2.5.1. Requerimientos nutricionales de rumiantes

El valor nutricional de los forrajes comprende diversos aspectos, como la digestibilidad, el contenido de proteína cruda y la eficiencia energética. La calidad de los forrajes y otros alimentos fibrosos varía según múltiples factores, ya que a medida que la planta crece y madura, su valor nutritivo disminuye debido a cambios en su composición química, como el aumento de la lignificación y la reducción del número de hojas. Las paredes celulares de los forrajes constituyen la principal fuente de energía para los rumiantes y están formadas principalmente por polisacáridos, proteínas y lignina (Jung, 1993). El metabolismo energético de estos animales depende de su capacidad para digerir los carbohidratos

estructurales de las plantas, como la celulosa, proceso que ocurre en condiciones anaeróbicas mediante la acción conjunta de bacterias, hongos y protozoarios presentes en el rumen (Scholfield, 2000).

El metabolismo de los carbohidratos realizado por los microorganismos del rumen genera ácidos grasos volátiles (AGV), los cuales aportan entre el 70 y el 80 % de las necesidades energéticas totales del animal (Church, 1988).

La calidad nutricional de los forrajes depende de factores como la proporción y cantidad consumida, la digestibilidad, el contenido de nutrientes y la eficiencia con que estos son metabolizados y aprovechados por los animales. Durante la digestión, parte de los carbohidratos estructurales es hidrolizada, fermentada y degradada por los microorganismos del rumen, permitiendo al animal utilizar los productos finales, principalmente ácidos grasos volátiles y amoníaco, así como una fracción de la proteína dietética. Además, algunos de estos microorganismos generan proteínas y aminoácidos que el rumiante aprovecha posteriormente como fuente de proteína microbiana en su tracto digestivo (Giraldo, 2007).

La estructura del forraje, así como la cantidad y el tipo de carbohidratos que contiene, influyen directamente en su digestibilidad y en su disponibilidad para las bacterias ruminales (Hall et al., 1998). La velocidad y el grado de fermentación o degradación de estos carbohidratos determinan la eficiencia del proceso de síntesis microbiana. La eficacia del rumiante depende de dos factores fundamentales durante la fermentación: la tasa de degradación y la velocidad de paso del alimento a través del rumen (Fox et al., 2000; Van Soest, 1994). La interacción de ambas dinámicas define la cantidad neta de microorganismos sintetizados en el rumen y posteriormente digeridos en el intestino delgado. Debido a esta relevancia, el estudio de la degradación ruminal de los forrajes y otros componentes de la dieta bovina ha sido uno de los temas más analizados y discutidos en la zootecnia desde sus inicios (Arreaza, 2005).

2.5.2. Deficiencia de minerales

La producción de rumiantes en Yucatán se basa principalmente en el uso de forrajes como fuente de nutrientes; sin embargo, las condiciones climáticas y del suelo de la región limitan su calidad nutricional, lo que ocasiona una respuesta productiva deficiente en los animales (Magaña, 2009). Los minerales desempeñan un papel biológico esencial, ya que cerca del 50

% de las enzimas con estructura conocida dependen de estos elementos para realizar sus funciones metabólicas (Waldron et al., 2009).

Durante la época de sequía, la disponibilidad de forraje disminuye de manera considerable, mientras que, en el periodo de lluvias, aunque la oferta aumenta, el rápido crecimiento de las plantas reduce su digestibilidad (Minson, 1990). De esta forma, aunque la disponibilidad de nutrientes sigue un patrón cíclico asociado a la precipitación, las deficiencias minerales se presentan de manera generalizada y no dependen directamente de la estacionalidad forrajera (McDowell, 1984).

Según Whitehead (2000), el bajo contenido mineral de los pastos constituye una de las principales limitantes en los sistemas de producción de rumiantes. El uso inadecuado de fertilizantes y la suplementación mineral de baja calidad provocan desbalances en la relación suelo-planta-animal dentro de los sistemas productivos. En este contexto, la deficiencia de minerales en los forrajes representa un problema complejo que afecta la calidad nutricional de las dietas, comprometiendo la salud y el desempeño productivo del ganado. Estas carencias están estrechamente relacionadas con factores ambientales, edáficos y de manejo, los cuales determinan la absorción y disponibilidad de nutrientes esenciales en las gramíneas forrajeras (Vanegas, 2020).

Diversas investigaciones en México (Morales et al., 2007; Vieyra-Aberto et al., 2013) resaltan la importancia de analizar el perfil mineral de los forrajes para detectar desequilibrios y entender sus interrelaciones, ya que los factores vinculados al suelo, las plantas y los animales afectan de forma directa la concentración y disponibilidad de minerales. Dichas variaciones pueden ocasionar desbalances que dificultan satisfacer plenamente las necesidades nutricionales del ganado.

III. HIPOTESIS

La fertilización nitrogenada con Urea a dosis de 100kg/ha, mejora el rendimiento agronómico y el contenido de macro y micronutrientes en *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa y *Brachiaria brizantha* cv. Marandú

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

- Determinar la morfología, el rendimiento agronómico y el contenido mineral de dos variedades mejoradas de gramíneas, *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa y *Brachiaria brizantha* cv. Marandú utilizadas para la alimentación de bovinos en el oriente de Yucatán.

4.2. Objetivos específicos

- Calcular el rendimiento de materia seca por hectárea y la relación hoja: tallo del *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa y de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú.
- Obtener las variables morfológicas de *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa y de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú.
- Determinar el contenido mineral de *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa y de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú

V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

5.1. Lugar de estudio

El estudio se realizó en los meses de septiembre a diciembre de 2024 en el municipio de Tizimín, Yucatán, México. La región se localiza a 17 msnm, con una Longitud $88^{\circ}17'01.68''$ W $87^{\circ}31'59.16''$ W, Latitud $20^{\circ}55'32.52''$ N $21^{\circ}34'18.84''$ N el clima se clasifica como AW cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (51.53%), cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (38.86%), cálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (7.31%) y semi seco muy cálido y cálido (2.30%), la temperatura anual varía de 24.5 a 28 °C, con precipitación de 600 – 1 500 mm por año distribuidas mayormente en la época de lluvia entre junio y octubre. (INEGI, 2024).

5.2. Climatología y precipitación pluvial

Durante el estudio, se registraron los siguientes datos de temperatura y precipitación pluvial de la zona de acuerdo con datos registrados por la CONAGUA (2025).

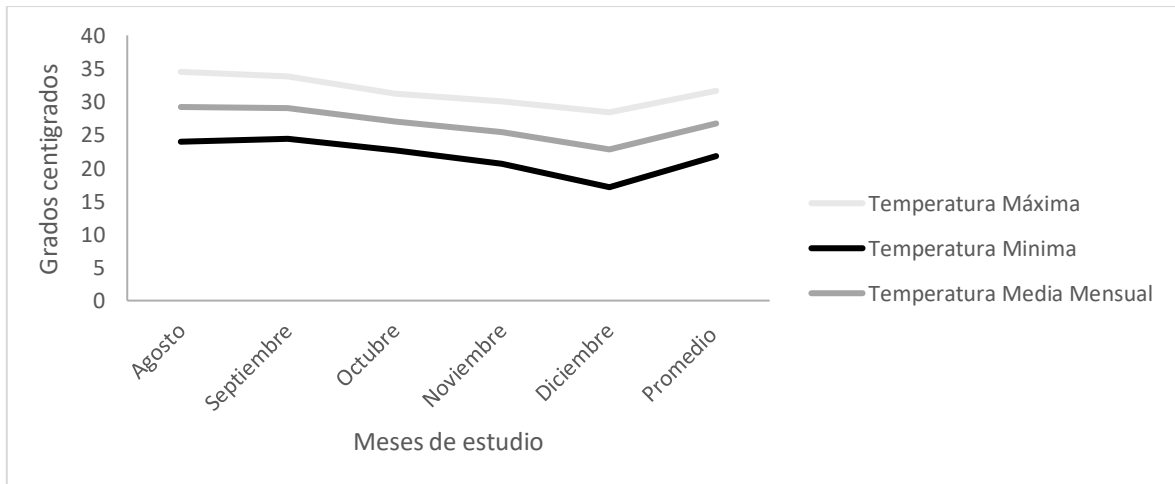


Figura 1 Registro de temperatura máxima, mínima y media mensual registrados durante el periodo de estudio.

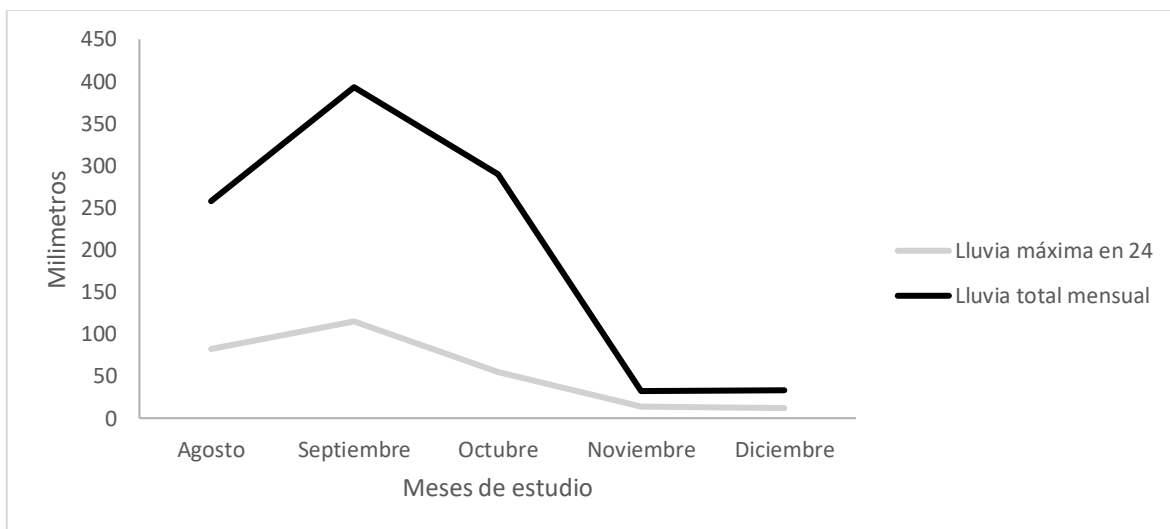


Figura 2 Registro pluvial total mensual acumulada y máxima en 24 horas registradas durante el periodo de estudio.

5.3. Establecimiento y acondicionamiento de parcelas en el Instituto Tecnológico de Tizimín, Yucatán

Para este experimento se tomaron dos cultivos ya establecidos de aproximadamente 5 años de edad pertenecientes al Instituto Tecnológico de Tizimín, el primero de *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa y el segundo de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú, totalmente independientes uno del otro, con una distancia de 1.5 km de distancia. Cada cultivo contó con una medida de 31x15 metros c/u. ambos se dividirán en dos niveles de fertilización (Fertilización 100 kg N-0-0/ha-1 y No Fertilización), con una división de 1 metro entre cada uno, midiendo así 15x15 metros cada nivel de fertilización y se subdividirán en 4 tratamientos según las 4 edades al rebrote, cada tratamiento tendrá una medida de 3.75x15 metros para permitir obtener 5 repeticiones para muestreo (1 x 1 m) al azar por cada una (Merlo, 2017).

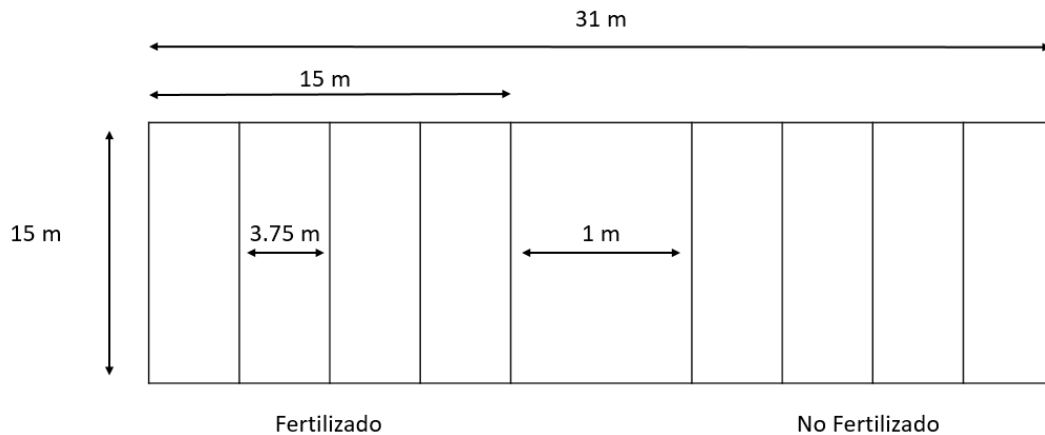


Figura 3 Dimensiones y trazos de la parcela demostrativa

5.4. Diseño experimental

Mediante un diseño completamente al azar 2 x 2 x 4 se obtuvieron los tratamientos que consistieron en dos especies de gramíneas *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa y de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú, fertilización (0 y 100 kg N-0-0/ha-1) y no fertilización y cuatro fechas de corte a los 21, 42, 63 y 84 días después del corte de homogenización según la metodología de Villegas (2019).

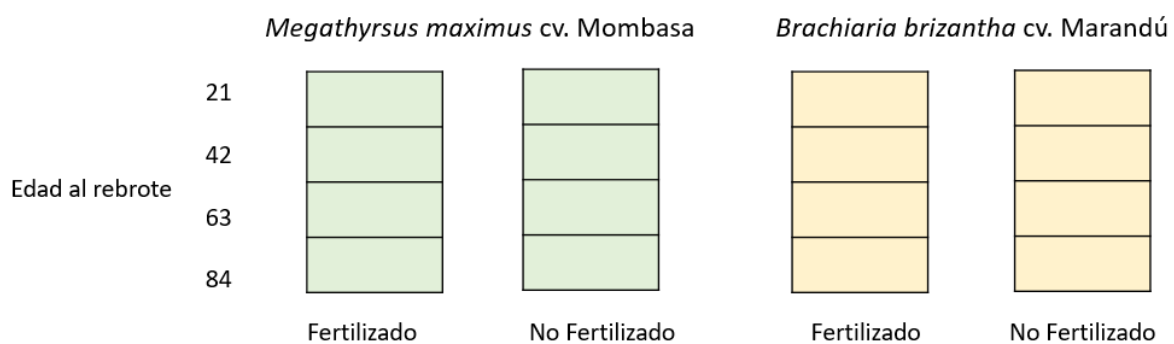


Figura 4 Modelo ilustrativo de diseño experimental

5.5. Corte de homogenización

Una vez establecidos los tratamientos, se procedió a realizar un corte de homogenización, se cortaron los pastos a una altura de 10 cm del suelo, ese momento se contempló como el día cero, se realizó el control de malezas de manera manual (Amesty, 2022).

5.6. Fertilización

Para la fertilización se usó una dosis de 100 kilogramos (kg) por hectárea (ha) de nitrógeno, aplicándose en forma de urea, por lo tanto, se utilizó 10gr por m², equivalente a 1.800 kg por cada tratamiento fertilizado en una sola exhibición a los siete días del corte homogéneo (Castrejón 2017).

El método utilizado para aplicar el fertilizante fue mediante la técnica de voleo que según registros por el INIFAP (1999) es la técnica más común de distribución de los fertilizantes en las praderas, a menos que se cuente con las tecnologías boleadoras adaptadas al tractor. Se aplicó el fertilizante nitrogenado a los 7 días del corte de homogenización.

5.7. Técnica de muestreo de forrajes

El rendimiento de biomasa se determinó con la cosecha del área de muestreo con un cuadro de metal de 0.5 x 0.5 m mediante el método de muestreo destructivo o método del cuadro obteniendo el forraje completo de las plantas a una altura de 10 cm del suelo (Amesty, 2022). Se procedió a pesar el total del material recién cosechado en una báscula granataria, posteriormente se homogenizó la muestra y se toma una submuestra de aproximadamente 250 g por cada repetición que será utilizada para determinar la composición química. Se tomó una muestra adicional de aproximadamente 500 g con ambas manos del material homogenizado, se separaron las hojas y los tallos, se registró el peso de ambos componentes para calcular la proporción hoja: tallo.

5.8. Rendimiento del Forraje

El rendimiento de forraje por tratamiento se calculó como la cantidad de forraje verde y la materia seca por hectárea, mediante el cómputo de la muestra x 10 000 m² (kg/ha-1). (Alarcón, 2017).

5.9. Análisis y evaluación de las muestras

5.9.1. Materia seca

Cada sub muestra obtenida del material cosechado fue pesada y secada en estufa de aire caliente a 65°C por 48 horas, posteriormente el material seco se pesó para calcular el contenido de materia seca (MS) mediante la siguiente formula: $MS = (\text{peso seco} \times 100) / (\text{peso original})$ (AOAC, 2000), posteriormente las muestras secas fueron trituradas en molino con criba de 1 mm para determinar el contenido mineral.

5.9.2. Análisis mineral

Para el análisis mineral se utilizó un Sistema de micro fluorescencia de Rayos X por Dispersión de Energía a micro escala. (μ -EDXRF) (M4 Tornado™, Bruker, Alemania) para determinar el porcentaje en masa de macronutrientes: P, S, K, Ca, y micronutrientes: Si, Cl, Mn, Fe, Cu, Zn.

5.9.3. Análisis estadísticos

Los datos morfológicos, de rendimiento agronómico y composición mineral se analizaron mediante un Análisis de varianza (ANOVA) para un diseño completamente al azar del SAS con cinco repeticiones.

VI. LITERATURA CITADA

1. Alarcón Zapata, M. A. (2017) *Manual de prácticas de producción y manejo de forrajes*. Universidad Veracruzana Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Tuxpan, Veracruz.
2. Amesty Castro, J. A., Pineda Ochoa, C., González García, H., Hernández Suárez H., Hernández, Rosales Rodríguez Y. & Parra Ramírez, K. S. (2022) *Influencia del régimen de corte sobre las características agro productivas del pasto guinea Megathyrsus maximus*. Laboratorio de Análisis Bromatológico y Agropecuario de Pastos y Forrajes, Coord. de Ingeniería de Producción Agropecuaria, Universidad Nacional Experimental Sur del Lago (UNESUR), Santa Bárbara de Zulía.
3. AOAC (2000) *Official Methods of Analysis*. 17th Edition, The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA. Methods 925.10, 65.17, 974.24, 992.16
4. Arreaza, L. C., Sánchez, D. E. & Abadía, B. (2005). *Degradabilidad ruminal de fracciones de carbohidratos en forrajes tropicales determinada por métodos in vitro e in situ*. Revista Corpoica, Volumen 6, Numero 1.
5. Batista de Andrade, J. Ferrari-Júnior, E. Silveira Pedreira, J. Cosentino, JR. & Aparedida Schammass, E. (1994) *Produção e qualidade dos fenos de Brachiaria decumbens e Brachiaria brizantha cv. marandu sob três frequências de corte*. II. Qualidade de feno. Bol Ind Anim; 51(1):55-9.
6. Beetle, A., (1987), *Noteworthy grasses from Mexico XIII*, Phytologia 63(4): 309-297.
7. Bezerra, F. P. Do Prado, P.T. Dos Santos, L.P. Souza, B.R. Nunes, L.V. Ferreira, G.L. López, C.F. De Castro, S.D. Cylene, G.K. & Moreira, A.E. (2023). *Optimal Time for Haymaking and Potential Production of Grass Hay on Soybean Overseeding in Brazilian Savanna*. Agronomy. 13.
8. Cárdenas, M.J.V. Kú, V.J.C. & Magaña, M.J.G. (2015). *Eficiencia energética de la producción de destetes en vacas Brahman (Bos indicus) y cruzadas (Bos taurus x Bos indicus) en Yucatán, México*. Archivos de Zootecnia.

9. Castrejón Pineda, F. A. & Corona Gochi, L. (2017) *Características Nutrimientales de Gramíneas, Leguminosas y Algunas Arbóreas Forrajeras del Trópico Mexicano: Fracciones de Proteína (A, B1, B2, B3 y C), Carbohidratos y Digestibilidad in vitro*. Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (FMVZ-UNAM)
10. Church, D.C. (1988). *El rumiante: fisiología digestiva y nutrición*. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza (España). p. 305.
11. Clayton, W. D. & Renvoize, S.A. (1986), *Genera Graminum. Grasses of the world, New Bulletin Additional Series XIII*, London, England, 389 pp.
12. Comisión Nacional del Agua (2025). *Red de estaciones climatológicas*. Ciudad de México, México: Servicio Meteorológico Nacional
13. Cuadrado, H. Torregrosa, L. & Jiménez, N. (2004). *Comparación Bajo Pastoreo con Bovinos Machos de Ceba de Cuatro Especies de Gramíneas del Género Brachiaria*. Corpoica Montería. Universidad de Córdoba. Montería-Colombia. pp. 439-444
14. Dávila Aranda, P. & Sánchez Ken, J. (1996). *La importancia de las gramíneas como forraje en México*. Ciencias, núm. 44, octubre-diciembre, pp. 32-34.
15. Demanet Filippi, Rolando. (2011) Gramíneas Forrajeras, praderas y pasturas. Universidad de la Frontera.
16. Duffey, E., Morris, M.G. Sheail, J. War, L. Wells, D.A. & Wells, T. C. E. (1978). *Grassland ecology and wildlife management, London Chapman & Hall*, Inglaterra, 281 pp
17. Estrada Morán, C. P. (2013) *Comportamiento agronómico del pasto Marandú (Brachiaria brizantha) bajo cinco densidades de siembra en la zona de Febres Cordero*, Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias agropecuarias
18. Eugène, M. & Klumpp, D. (2021) *Sauvant Methane mitigating options with forages fed to ruminants Grass Forage Sci.*, 76, pp. 196-204
19. Fox, D.G. Tylutki, T.P. Tedeschi, L.O. Van Amburgh, M.E. Chase, L.E., Pell, A.N. Overton, T.R. & Russel J.B. (2000) *The Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Herd Nutrition and Nutrient Excretion: Model Documentation*. Mimeo No. 213, Animal Science Department, Cornell

20. Giraldo, L. A. Gutiérrez, L. A. & Rúa, C. (2007) *Comparación de dos técnicas in vitro e in situ para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales*. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 20(3), 269-279.
21. Hall, M.B. (1998). *Making nutritional sense of non-structural carbohydrates*. 9th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium. Gainesville, Fla. Pp:108-121.
22. Hernández-Medrano, J.H. & Corona, L. (2018). *El metano y la ganadería bovina en México: ¿Parte de la solución y no del problema?* Agroproductividad.
23. Holmann, F. Rivas, L. Argel, P. J. & Pérez, E. (2005) *Impacto de la adopción de pasto Brachiaria Centroamérica y México*.
24. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2024) Sistemas de Consulta, Tizimín, Yucatán (31096)
25. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (1999) *Tecnología para la producción y manejo de forrajes tropicales en México*. Libro Técnico Núm. 7.
26. Juárez-Hernández, J. & Bolaños-Aguilar, E. D. (2007) *Protein dilution curves as an alternative for the evaluation of tropical grasses*. Universidad y Ciencia;23(1):81-90.
27. Jung, H. G. Buxton, D.R. Hatfield, R.D. & Ralph, J. (1993) *Forage Cell Wall Structure and Digestibility*. P. 105
28. Lamela, L. (2000). *Evaluación del establecimiento de la Bauhinia purpúrea y Albizia lebbek en pastizales de Panicum maximum*. Pastos y Forrajes 23(3):36-40.
29. Magaña, J. G. Parra, B. G. M. Estrada, L. R. J. Ku, V. J. C. & Sosa, F. C. F. (2009) *Caracterización del recurso genético animal en el diseño de sistemas sustentables de producción bovina en el trópico*. Trop Subtrop Agroecosyst ;10:85-94.
30. McDowell, L. R. & Ellis, G. L. Conrad, J. H. (1984) *Suplementos minerales para el ganado vacuno de pastoreo en las regiones tropicales*. Rev Mundial Zoot. FAO;52:2-12.
31. Mejía Haro, J. & Mejía Haro, I. (2007). *Nutrición Proteica de Bovinos Productores de Carne en Pastoreo*. Acta Universitaria, 17(2), 45–54. <https://doi.org/10.15174/au.2007.18>

32. Merlo-Maydana F. E. Ramírez-Avilés, L. Ayala-Burgos, A. J. & Ku-Vera, J. C. (2017) *Efecto de la edad de corte y la época del año sobre el rendimiento y calidad de Brachiaria brizantha (A. Rich.) Stapf en Yucatán, México*, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán
33. Minson, D. J. (1990) *Forages in ruminant nutrition*. San Diego. USA: Academic Press.
34. Morales, A. E. Domínguez, V. I. González Ronquillo, M. Jaramillo, E. G., Castelán, O.O. Pescador, S. N. & Huerta, B. M. (2007). *Diagnóstico mineral en forraje y suero sanguíneo de bovinos lecheros en dos épocas en el valle central de México*. Técnica Pecuaria México 45(3): 329-344.
35. Muñoz M. C., (2016) *Nutrición y alimentación de rumiantes*, capítulo 2, Programa de Difusión Tecnológica en subsector pecuario bovino para el territorio Patagonia Verde.
36. Nunes, S. G. Boock, A. Penteado, M. I. O. & Gómez, D. T. (1985) *Brachiaria brizantha cv. Marandu*. 2ed. Campo Grande: EMBRAPA-CNPQC.; p 31. (Documentos, 21).
37. Ortega-Aguirre, C. A. Lemus-Flores, C. Bugarín-Prado, J. O. Alejo-Santiago, G. Ramos-Quirarte, A., Grageola-Núñez, O., & Bonilla Cárdenas, J. A. (2015). *Características agronómicas, bromatológicas, composición, digestibilidad y consumo animal en cuatro especies de gramíneas de los géneros Brachiaria y Panicum*. Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit
38. Paredes A. J. F. (2001). *Efecto de tres niveles de fertilización nitrogenada y tres edades de corte sobre la calidad de cuatro gramíneas forrajeras en Zamorano*. Proyecto Especial del Programa de Ingeniería Agronómica, Zamorano, Honduras, 18 p.
39. Ramírez Lozano, R. G. (2017) *Principios de nutrición de rumiantes*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas
40. REDGATRO, (2018), *Red de investigación e innovación tecnológica para la ganadería bovina tropical*, segunda edición, 2018 ISBN 978-607-37-1114-2

41. Rocha, G.P. Angelista, E. V. & De Lima, I. A. (2000). *Nitrógeno y Producción de Materia. Seca, Teoría del Rendimiento de Proteína Bruta de Gramíneas Tropicales* (En portugués). *Pasturas Tropicales* 22(1):4-8.
42. Robinson, D. Scheneiter, O., & Melgar, R. (2006). *Fertilización y utilización de nutrientes en campos forrajeros de corte*. Sitio Argentino de Producción Animal.
43. Rodríguez L, (2009). *Rendimiento y valor nutricional del pasto Panicum Maximum cv. Mombasa a diferentes edades y alturas de corte*. Instituto Tecnológico de Costa Rica sede regional San Carlos.
44. Román P, H. (1981). *Potencial de producción de los bovinos en el trópico de México*. Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias, Veracruz, México.
45. Romero, N. R., Febres, O. A. & González, B. (2004). *Efecto de la adición de urea sobre la composición química y la digestibilidad in Vitro de la materia seca de heno de Brachiaria humidicola (Rendle) Schweick cosechado a diferentes edades*. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 12(Supl. 2):52–58.
46. Sánchez, D. E. Arreaza, L. C. & Abadía, B. (2005). *Estudio de la cinética de degradación in vitro de cuatro forrajes tropicales y una leguminosa de clima templado*. *Revista Corpoica*, 6(1):1-17.
47. Schofield, P. (2000). *Gas production methods*. In: *Farm Animal Metabolism and Nutrition*, Chapter 10. Cab International, UK. pp. 209-232.
48. Sullivan, J., T. & Wilkins, H. L. (1948). “*What makes a nutritious forage?*” en *Grass*. The yearbook of agriculture, A. Stefferud (ed.).
49. Torres-Salado, N. Moctezuma-Villar, M. Rojas, G. Maldonado-Peralta, M. A. Gómez-Vázquez, A. & Sánchez-Santillán, P. (2020) *Comportamiento productivo y calidad de pastos híbridos de Urochloa y estrella pastoreados con bovinos*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11: 35-46.
50. Valdés, J. & P. Dávila. (1995). *Clasificación de los géneros de Gramineae (Poaceae) mexicanas*. *Acta Bot. Mex.* 33: 37-50.
51. Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant. (2nd Ed.)* Cornell University Press, “Ithaca, NY.iversity, Ithaca, NY.
52. Vanegas, J. (2020) *Efectos nutricionales de los minerales en los forrajes*. Universidad De Panamá. Docencia De La Universidad Latina De Panamá. Maestría En Producción Animal

53. Vargas Burgos, J. C. Leonard, I. Uvidia, H. Ramírez, J.L. Torres, V. Andino, M. & Benítez, D. (2014) *El crecimiento del pasto Panicum maximum vs Mombaza en la Amazonía Ecuatoriana*. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, vol. 15, núm. 9, septiembre-, pp. 1-7 Veterinaria Organización Málaga, España
54. Vieyra-Alberto, R. Domínguez-Vara, I. A. Olmos Oropeza, G. Martínez-Montoya, J. F. Borquez Gastelum, J. L. Palacio-Nuñez, J. Lugo, J. A. & Morales-Almaráz, E. (2013) *Perfil e interrelación mineral en agua, forraje y suero sanguíneo de bovinos durante dos épocas en la huasteca potosina, México*. Agrociencia. 47(2): 121-133.
55. Villareal, M. (1998). *Alternativas forrajeras para el mejoramiento de los sistemas de producción ganadera*. M. Sc. Alajuela, Costa Rica. ITCR. P 8
56. Villegas, D. Valbuena, N. & Milla, M. (2019). *Evaluación de modelos aplicados a la producción de materia seca de Brachiaria brizantha en el periodo lluvioso*. Revista de Ciencias Agrícolas.
57. Waldron, K. J. Rutherford, J. C. Ford, D. Robinson, N. J. (2009). *Metalloproteins and metal sensing*. Nature 460(7257): 823-830.
58. Whitehead, C. D. (2000) *Nutrient elements in grassland. Soil-Plant-Animal Relationships*. Cambridge. UK: CABI Publishing International University Press.

Comportamiento agronómico y contenido mineral de dos variedades de pastos en el trópico

Agronomic Performance and Mineral Content of Two Grass Varieties in the Tropics

Jalil Eduardo Estrada-Cárdenas^a

Ángel Trinidad Piñeiro-Vázquez^a

José Valentín Cárdenas-Medina^b

Benjamín Ortiz-de la Rosa^a

Tecnológico Nacional de México/I.T. Conkal. Calle Antigua Carretera Mérida - Motul
Kilometro 16.3 Conkal, Conkal, Yucatán

Tecnológico Nacional de México/ I.T. Tizimín. Calle 29 Santa Rita Tizimín, Tizimín,
Yucatán

Correo tesista: jalilestrada@gmail.com

Correo director: pineiroiamc@gmail.com

Resumen:

En México, la ganadería se desarrolla principalmente bajo pastoreo extensivo y, en las regiones tropicales, enfrenta limitaciones por la escasa disponibilidad y baja calidad de los forrajes. Ante ello, la henificación se ha implementado como alternativa para asegurar alimento todo el año, lo que hace necesario evaluar el valor nutritivo de los forrajes destinados a rumiantes. El estudio tuvo como objetivo evaluar la morfología, rendimiento agronómico y contenido mineral de dos gramíneas tropicales mejoradas: *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa y *Brachiaria brizantha* cv. Marandú, empleadas en la alimentación bovina del oriente de Yucatán. La investigación se realizó entre junio y diciembre de 2024 en el Instituto Tecnológico de Tizimín, con cultivos de cinco años. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2×2×4: dos especies (Mombasa y Marandú), dos niveles de fertilización (100 kg N-0-0 ha⁻¹ y sin fertilización) y cuatro edades de rebrote (21, 42, 63 y 84 días). Se recolectaron cinco muestras por tratamiento para obtener datos agronómicos y de materia seca (MS), secando submuestras a 65 °C durante 48 h. *Brachiaria brizantha* mostró respuesta positiva a la fertilización en variables morfológicas y agronómicas, especialmente a los 84 días, aunque sin incremento mineral; los mayores niveles de macro y micronutrientes se presentaron sin fertilizar, a los 21 y 42 días. En *Megathyrsus maximus*, la respuesta fue menos evidente: las mejores variables morfológicas y agronómicas ocurrieron sin fertilización, mientras que los macronutrientes fueron superiores con fertilización a los 21 y 84 días.

Palabras clave: ganadería, rendimiento agronómico, perfil mineral