



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

Campus Loma Bonita

LICENCIATURA EN ZOOTECNIA

**RENDIMIENTO DEL PASTO GUINEA *Megathyrus maximus*
CULTIVAR MOMBASA, EN RESPUESTA A FERTILIZACIÓN
MINERAL EN CLIMA CÁLIDO HÚMEDO**

TESIS PROFESIONAL

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN ZOOTECNIA**

PRESENTA:

YAEL ESBEYDY VALENZUELA HARO

DIRECTOR

DR. MIGUEL ANGEL SÁNCHEZ HERNÁNDEZ

LOMA BONITA, OAXACA, MÉXICO. 2021



Universidad del Papaloapan

FECHA:	05 de Agosto del 2021
AREA:	Vice-Rectoría Académica
OFICIO NUMERO:	UNPA/VRA/063/2021
ASUNTO:	Autorización de Impresión de tesis.

C. Yael Esbeydy Valenzuela Haro
PRESENTE:

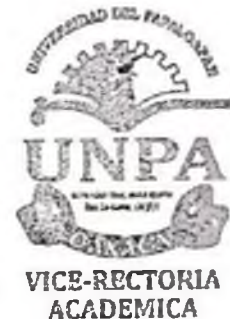
En base al artículo 120 del reglamento de alumnos, por medio de la presente se aprueba la impresión de la tesis titulada **“Rendimiento del pasto Guinea *Megathyrus maximus* CV Mombasa en respuesta a fertilización mineral en clima cálido húmedo”** así como la programación del examen profesional bajo la dirección del Dr. Miguel Ángel Sánchez Hernández.

Sin más por el momento aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente.
terra ubérrima, mens aperta
Bou Lo-tama, chi ji jú



MC. HÉCTOR LÓPEZ ARJONA
Vice-Rector Académico.



C.c.p. Dra. Tania Zúñiga Marroquín Jefe de Carrera de la Lic. En Zootecnia
C.c.p. L.P. Yesenia Barrientos Arenal. Jefa del Departamento de Servicios Escolares
C.c.p. Dr. Miguel Ángel Sánchez Hernández. Director de Tesis.

C.c.p. Arriola

OAXACA



Universidad del Papaloapan

Terra Ulterima, Mons Aperta

Licenclatura en Zootecnia

Loma Bonita, Oaxaca a 4 de agosto de 2021

M.E. Yesenia Barrientos Arenal
Jefa del Departamento de Servicios Escolares
PRESENTE

Mediante la presente, le informo que esta jefatura, con el visto bueno de la Vice-rectoría Académica, ha designado a los siguientes profesores como sinodales del examen profesional de la exalumna C. Yael Esbeydy Valenzuela Haro, quien defenderá su trabajo de tesis titulado "Rendimiento del pasto Guinea *Megathyrus maximus CV Mombasa* en respuesta a fertilización mineral en clima cálido húmedo", para obtener el título de Licenciado en Zootecnia.

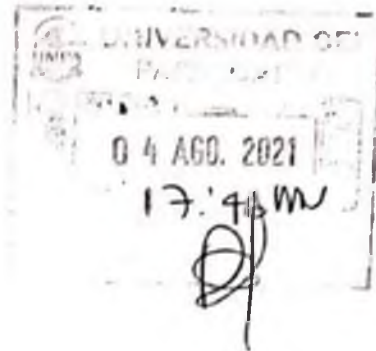
Titulares:

Presidente: D.C. Jose Angel Rueda Barrientos
Secretario: M.C. Julián Cotera Rivera
Vocal: Dr. Miguel Ángel Sánchez Hernández

Suplentes:

Dr. Sergio Ramírez Ordóñez
M.C. Carlos Iván Medel Contreras

Sin más por el momento, le envió un cordial saludo.



Atentamente



Dra. Claudia Zúñiga Marroquín
Líder de Carrera de Lic. en Zootecnia
EN ZOOTECNIA

Vo. Bo.

M.C. Héctor López Arjona
Vice-rector Académico



**VICE-RECTORIA
ACADEMICA**

C.c.p.: M.C. Hector López Arjona. Vicerector académico. Para su conocimiento
C.C.p: Archivo



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

Campus Loma Bonita

LICENCIATURA EN ZOOTECNIA

LA PRESENTE TESIS TITULADA “RENDIMIENTO DEL PASTO GUINEA *Megathyrus maximus* CULTIVAR MOMBASA, EN RESPUESTA A FERTILIZACIÓN MINERAL EN CLIMA CÁLIDO HÚMEDO”, REALIZADA POR LA PASANTE YAEL ESBEYDY VALENZUELA HARO, BAJO LA DIRECCIÓN DEL DR. MIGUEL ANGEL SÁNCHEZ HERNÁNDEZ, HA SIDO REVISADA Y ACEPTADA POR EL JURADO EXAMINADOR PARA SER DEFENDIDA EN EL EXAMEN PROFESIONAL Y OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN ZOOTECNIA.

JURADO EXAMINADOR

DR. MIGUEL ANGEL SÁNCHEZ HERNÁNDEZ

DIRECTOR

DR. JOSE ÁNGEL RUEDA BARRIENTOS

ASESOR

M. C. JULIÁN COTERA RIVERA

ASESOR

LOMA BONITA, OAXACA, MÉXICO. 2021

DEDICATORIA

A mí, porque me esforcé por salir adelante en mi formación académica.

A mis hermanos Darek, Iker y Alejandra que, aunque no estemos cerca siempre los tengo presentes

A mi familia por su paciencia y apoyo a lo largo de este trayecto.

A mis amigos porque siempre han creído en mí.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Papaloapan, por brindarme la oportunidad de estudiar la Licenciatura en Zootecnia.

A los profesores por el conocimiento impartido, y por el apoyo motivacional que me dieron.

A mis compañeros de clase que, aunque tuvimos nuestros altibajos, siempre nos apoyamos incondicionalmente.

A los alumnos del servicio social de la generación 2015 – 2018 del Centro de Bachillerato Tecnológico industrial y de servicios (CBTis) N° 90 por ayudarme en la realización de este experimento.

Al Dr. Miguel Ángel Sánchez Hernández por la confianza, apoyo y paciencia que tuvo a lo largo de mi formación académica y amistad brindada.

A la Dra. Gladys Morales Terán por la confianza, apoyo, paciencia y amistad brindada.

Al Profesor Julián Coterá Rivera por el apoyo, paciencia y amistad que ha tenido conmigo.

Al profesor César Herrera Fuentes por su paciencia y por que fue un gran apoyo para no desistir en mi formación académica.

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	5
2.1. Objetivo general.....	5
2.2. Objetivos específicos.....	5
3. HIPÓTESIS.....	6
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
4.1. Origen de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Mombasa.....	7
4.2. Características morfológicas del pasto Guinea cv. Mombasa....	7
4.3. Requerimientos edáficos y de temperatura ambiente.....	8
4.4. Nutrición mineral de las plantas.....	9
4.4.1. Composición mineral de las plantas.....	9
4.4.2. Macronutrientes.....	9
4.4.3. Micronutrientes.....	9
4.5. Fertilización en pasto Mombasa.....	9
4.6. Rendimiento de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Mombasa.....	11

4.6.1. Rendimiento de biomasa.....	11
4.6.2. Contenido de clorofila en hojas.....	12
4.6.3. Rendimiento de materia seca.....	12
4.7. Contenido nutrimental del pasto Guinea.....	13
4.8. Uso en la ganadería de <i>Megathyrus maximus</i> cv. Mombasa....	14
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
5.1. Localización del experimento.....	16
5.2. Condiciones climáticas y edáficas.....	16
5.3. Material experimental.....	17
5.4. Tratamientos y diseño experimental.....	17
5.5. Variables estudiadas.....	19
5.6. Análisis de datos.....	20
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
6.1. Análisis de varianza.....	21
6.2. Variables asociadas al crecimiento en Mombasa.....	21
6.2.1. Altura de planta (AP).....	21
6.2.2. Macollos por metro cuadrado (NM).....	26
6.2.3. Número de tallos por metro cuadrado (NT).....	29
6.2.4. Contenido de clorofila en hojas (C).....	31
6.3. Rendimiento en pasto Mombasa.....	34
6.3.1. Rendimiento de materia seca (MS) en Mombasa.....	34
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	39
8. LITERATURA CITADA.....	40

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Altura de planta (cm) en pasto Mombasa (<i>Megathyrus maximus</i>) en función de fertilización en época de lluvias, nortes y sequía. Loma Bonita, Oaxaca, México.....	23
2	Macollos por metro cuadrado en pasto Mombasa <i>Megathyrus maximus</i> en función de fertilización en época de lluvias, nortes y sequía. Loma Bonita, Oaxaca, México.....	28
3	Número de tallos por metro cuadrado en pasto Mombasa <i>Megathyrus maximus</i> en función de fertilización en época de lluvias, nortes y sequía. Loma Bonita, Oaxaca. México.....	30
4	Clorofila (unidades SPAD) en pasto Mombasa <i>Megathyrus maximus</i> en función de fertilización en época de lluvias, nortes y sequía. Loma Bonita, Oaxaca. México.....	32
5	Rendimiento de materia seca (kg ha ⁻¹) en pasto Mombasa (<i>Megathyrus maximus</i>) en función de fertilización en época de lluvias, nortes y sequía. Loma Bonita, Oaxaca, México.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Temperatura máxima, mínima y promedio (°C), y precipitación (mm) en Loma Bonita, Oaxaca, México en el periodo junio de 2018 a junio de 2019.....	16

RESUMEN

En la Baja Cuenca del Papaloapan la producción de rumiantes aprovecha gramíneas forrajeras nativas e introducidas en su alimentación. El pasto Guinea, *Megathyrus maximus* (Jacq.) Simon & Jacobs cultivar Mombasa, de origen africano, despertó interés por su potencial para producir materia seca, llevó a efectuar un estudio para determinar la respuesta productiva de esta gramínea forrajera a la fertilización. En 2017 se estableció una pradera de pasto Guinea en Loma Bonita, Oaxaca, México, con el objetivo que, en tres épocas del año 2018, lluvias (Junio-Octubre 2018), nortes (Noviembre 2018-Febrero 2019) y sequía (Marzo-Mayo 2019) se midieron los tratamientos de fertilización: 00-00-00, 100-00-00, 140-20-00, 180-40-20, 200-00-00, 240-40-20, 260-60-40 y 300-00-00 de N-P-K que se dosificaron con urea (46-00-00), fosfato diamónico (18-46-00) y cloruro de potasio (00-00-60). El diseño experimental fue al azar con ocho tratamientos y tres repeticiones, las variables respuesta fueron: altura de planta (cm), número de macollos por metro cuadrado, número de tallos por metro cuadrado, clorofila (unidades SPAD) y rendimiento de materia seca (kg ha^{-1}). Los resultados indicaron que la fertilización con los niveles más altos de nitrógeno, fósforo y potasio inciden sobre la producción de materia seca, altura de planta, macollos y número de tallos por metro cuadrado, que superaron al testigo. Las fórmulas de fertilización (260-60-40, 240-40-20 y 300-00-00), mejoraron la producción del pasto Guinea. Se observó una influencia de la época del año sobre el rendimiento en pasto Guinea producido en clima tropical húmedo.

Palabras clave: Gramíneas, Fertilización, Elementos minerales, Forraje, Clima.

ABSTRACT

In the Lower Papaloapan Basin, ruminant production takes advantage of native and introduced forage grasses, in their diet. The Guinea grass, *Megathyrus maximus* (Jacq.) Simon & Jacobs cultivate Mombasa, of African origin, aroused interest due to its potential to produce dry matter, led to a study to determine the productive response of this grass to fertilization. In 2017, a Guinea grass meadow was established in Loma Bonita, Oaxaca, Mexico with the objective that, in three seasons of the year 2018, rains season (June-October 2018) windy season (November 2018-February 2019) and dry season (March-May 2019). Eight fertilization treatments with NPK were tested: 00-00-00, 100-00-00, 140-20-00, 180-40-20, 200-00-00, 240-40-20, 260-60-40 and 300-00-00 that were calculated with urea (46-00-00), diammonium phosphate (18-46-00) and potassium chloride (00-00-60). The experimental design was random with eight treatments and three replications was used, the response variables were: plant height (cm), number of tillers per square meter, total plants per square meter, chlorophyll content (SPAD units), fresh weight (kg ha^{-1}) and dry matter (kg ha^{-1}). Results showed that fertilization with the highest levels of nitrogen, phosphorus and potassium affects the production of dry matter, plant height, amount of tillers and plant number and per square meter, standing out in relation to the control treatment. The fertilization doses (260-60-40, 240-40-20 and 300-00-00), improved the productive of Guinea grass. Noting also a very important influence of the year season under the yield components in Guinea grass produced in humid tropical climate.

Keywords: Grasses, Fertilization, Mineral elements, Forage, Weather

1. INTRODUCCIÓN

La Cuenca del río Papaloapan en México, es una región de importancia nacional por sus recursos bióticos, esta se formó por escurrimientos provenientes en su mayoría de la Sierra Juárez (Merino, 2008). Su extensión se calcula en 47,517 km² (Miranda-Vidal *et al.*, 2016).

En los territorios de menor altitud del suroeste de Veracruz y norte de Oaxaca, la economía se sustenta en la agricultura, ganadería y silvicultura, actividades que muestran un menor dinamismo producto de factores geográficos, socioeconómicos, demográficos, tecnológicos y ecológicos (INEGI, 2004).

La ganadería destaca dentro del sector primario (Ellis y Martínez, 2010), siendo la cría de bovinos de doble propósito una alternativa productiva importante (Sánchez *et al.*, 2019), donde es prioridad la producción de leche, engorda y venta de becerros. Adicionalmente se producen ovinos de pelo (Pelibuey, Blackbelly y Katahdin), que en conjunto con los vacunos aprovechan forrajes nativos e introducidos.

Se resalta que las regiones tropicales húmedas de México, por su posición geográfica en el planeta, concentran una alta diversidad y riqueza en recursos florísticos (Ellis y Martínez, 2010); no obstante, en la actualidad la ganadería requiere producir y conservar los recursos forrajeros, que son escasos en la temporada de sequía, debiéndose recurrir a residuos y subproductos agrícolas como la planta (cardón) y la corona de la piña (*Ananas comosus* L. Merr.), follaje

de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), rastrojos de maíz (*Zea mays* L.) y forraje del cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench).

Dada la importancia de la producción de rumiantes en Loma Bonita, Oaxaca en el año 2018 se reportaron 381,985 hectáreas ocupadas por pastos y praderas que aportaron un rendimiento promedio en verde de 34.1 t ha⁻¹, tan solo en el Distrito Tuxtepec se cuenta con 163,507 hectáreas que rinden 38.0 t ha⁻¹ de forraje en verde (SIAP, 2019).

Lo expuesto ratifica que la ganadería como actividad productiva se sustenta en el aprovechamiento de gramas nativas y pastos como: Estrella de África (*Cynodon nlemfuensis*), Insurgente, (*Urochloa brizantha*), Señal (*Urochloa decumbens* Stapf.), Chetumal (*Urochloa humidicola*), Pangola (*Digitaria decumbens* Stent), Jaragua (*Hyparrhenia rufa*), pasto Alemán (*Echinochloa polystachya*) y pasto Guinea (*Megathyrsus maximus* Jacq. cv. Mombasa), que crecen en lomeríos o terrenos bajos y llanos (INEGI, 2004; Cruz *et al.*, 2011).

De acuerdo con Patiño *et al.* (2018), los cultivares Tanzania y Mombasa de pasto Guinea han despertado interés en las regiones tropicales por su adaptabilidad desde cero hasta 1,500 msnm, toleran suelos ácidos, soportan precipitaciones de 1,000 a 3,500 mm, aportan una alta producción de biomasa, que en promedio es de 10 a 30 t ha⁻¹ de materia seca por año, y son muy palatables para el ganado vacuno.

El pasto Guinea *Megathyrsus maximus* (Jacq.), originario de África, es una de las especies forrajeras más importantes para alimentar rumiantes en las regiones

con clima tropical y subtropical por su gran potencial de producir materia seca por unidad de área, amplia adaptabilidad, calidad del forraje, fácil establecimiento y porque soporta una carga animal alta en periodos cortos (Munari *et al.*, 2017; Benabderrahim and Elfalleh, 2021).

Un problema frecuente en la producción de forrajes es que las plantas no se fertilizan a través de los años, lo que afecta su potencial de desarrollo y se reduce su calidad y su productividad (Shintate *et al.*, 2017). La fertilización nitrogenada es una alternativa para incrementar la productividad de los pastos por ser un elemento esencial para la formación de proteínas y estar asociado al proceso de fotosíntesis y generación de fotoasimilados (Silveira *et al.*, 2017).

Taiz y Zeiger (2006), indicaron que el nitrógeno (N) es vital para el crecimiento de las plantas, absorbiéndose por las raíces como iones nitrato o amonio. El nitrógeno es constituyente de aminoácidos, ácidos nucleicos y su deficiencia se asocia a plantas achaparradas, cloróticas con tallos débiles.

El fósforo (P) se aprovecha como iones fosfato, asociándose con la formación de fosfolípidos a nivel de membranas celulares, participa en la generación de Adenosín trifosfato (ATP), ácidos nucleicos (ADN y ARN), y su deficiencia se manifiesta como coloraciones púrpuras al producirse antocianinas. El Potasio (K) es un mineral que regula el potencial osmótico en células vegetales y participa activando enzimas implicadas en respiración y fotosíntesis (Taiz y Zeiger, 2006).

En la región tropical húmeda de México existen pocos estudios relacionados con la fertilización de gramíneas tropicales de corte, lo que hace complejo determinar

el momento óptimo de cosecha. De ahí que el objetivo del presente estudio fue cuantificar en lluvias, nortes y sequía el rendimiento en biomasa de pasto Guinea fertilizado con nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en las condiciones de producción de Loma Bonita, Oaxaca, México, bajo el supuesto de que la fertilización alta en minerales incrementa el rendimiento en pasto Guinea.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Determinar el efecto de la fertilización mineral sobre rendimientos de biomasa y la densidad del pasto Guinea cv. Mombasa, en temporada de sequía, lluvias y nortes en clima cálido húmedo.

2.2. Objetivos específicos

Determinar el efecto de la fertilización con N, P y K sobre el crecimiento de pasto Guinea en tres épocas climáticas en condiciones tradicionales de Loma Bonita, Oaxaca.

Cuantificar el rendimiento de biomasa del pasto Guinea por efecto de la fertilización mineral en la época de sequía, lluvias y de nortes en la zona de Loma Bonita, Oaxaca, México.

Evaluar la concentración de clorofila en hoja y el efecto de la nutrición de elementos minerales con N, P y K en cada una de las épocas climáticas del año.

3. HIPÓTESIS

La fertilización del pasto Guinea cv Mombasa con nitrógeno (N), fosforo (P_2O_5) y potasio (K_2O) incrementan el rendimiento de forraje con relación a un tratamiento testigo sin fertilización mineral, durante las épocas de sequía, lluvias y de nortes.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Origen de *Megathyrus maximus* cv. Mombasa

Es una planta nativa del trópico y subtropico de África, ha sido cultivada en Asia. Llegó al continente Americano en 1967 pero fue liberado a productores en 1993 en Brasil por el Centro Nacional de Investigaciones de Ganado de carne (CNPQ) (Herazo y Morelo, 2008).

De acuerdo con Schenellmann *et al.* (2020), el género *Megathyrus* se encuentra conformado por 470 especies. Su importancia radica en que muestra una buena productividad y adaptación a diferentes condiciones agroclimáticas, aunado a su tolerancia a la sequía y amplia adaptabilidad a diferentes tipos de condiciones edáficas (Méndez-Martínez *et al.*, 2019).

4.2. Características morfológicas del pasto Guinea cv. Mombasa

El pasto Mombasa es una planta considerada como perenne, de porte alto de 1.6 a 1.7 m de altura, pudiendo alcanzar hasta 3.0 m en diferentes zonas tropicales del mundo, crece de manera erecta en forma amacollada con rizomas poco rastreros. Las hojas son erectas con vainas glabras (sin pelos); la inflorescencia es de tipo panícula, de 15 a 50 cm de longitud con un aspecto lila verdoso; los tallos son levemente rojizos y glabros (lampiños), con un diámetro de 5 a 10 mm. (Jank, 1995; Schenellmann *et al.*, 2020; Benabderrahim and Elfalleh, 2021).

4.3. Requerimientos edáficos y de temperatura ambiente

El pasto, *Megathyrsus maximus* cv Mombasa crece en diferentes tipos de suelos, aunque exige suelos con niveles de fertilidad de medios a altos. Su mayor productividad es en suelos franco-arcillosos (Jank, 1995).

De acuerdo con Schenellmann *et al.* (2020) el pasto Guinea necesita suelos con buen drenaje y que presenten de media a alta fertilidad, y prospera con una cantidad de lluvia que va de los 800 a los 3,500 mm por año, y crece de forma adecuada bajo temperaturas ambientales elevadas (>30 °C). No tolera inundaciones o sequías prolongadas, responde de manera satisfactoria a la fertilización nitrogenada (N).

Rodríguez-Carrasquel (1983), señaló que el pasto Guinea cv. Mombasa puede subsistir durante períodos largos de sequía, pero muestra sus mejores condiciones en un medio ambiente húmedo y crece muy bien en suelos franco-arcillosos recién abiertos a la agricultura.

El pasto Guinea, *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa requiere precipitaciones anuales superiores a los 1,300 mm/m², se adapta desde el nivel del mar hasta 1,200 m de altitud y prospera a temperaturas ambientales entre 20 a 35 °C (Jank, 1995; Ventura *et al.*, 2021).

Es una gramínea susceptible a las heladas y su producción se puede reducir cuando existe presencia de temperaturas bajas (<15 °C). Es tolerante a la deficiente radiación solar ya que puede prosperar bajo la sombra de árboles y arbustos (Rodríguez-Carrasquel., 1983).

4.4. Nutrición mineral de las plantas

4.4.1. Composición mineral de las plantas. Se tiene conocimiento químico de que de un 90 al 95 % de la planta se compone de carbono (45 %), oxígeno (hasta 45 %), hidrógeno (hasta 6 %), elementos que la planta toma del aire y del agua, y conforman la parte orgánica. El restante 5 a 10 % de la materia seca de las plantas son los elementos minerales que las plantas absorben desde el suelo (Torres *et al.*, 2018).

4.4.2. Macronutrientes. Son elementos que la planta necesita en una proporción mayor como es el caso del nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S), estos minerales se encuentran en cantidades superiores al 0.1 % de la materia seca.

4.4.3. Micronutrientes. Se trata de elementos como: hierro (Fe), boro (B), cobre (Cu), manganeso (Mn), zinc (Zn), sodio (Na), cloro (Cl), níquel (Ni), molibdeno (Mo). Las plantas los requieren en cantidades iguales o menores a 100 ppm (1 dg kg⁻¹) (Torres *et al.*, 2018).

4.5. Fertilización en pasto Mombasa

En una investigación realizada por Cerdas y Vallejos (2011) en Costa Rica se reportó para *Megathyrsus maximus* cv. Tanzania, cortado a los 35 días de rebrote, un rendimiento de materia seca de 4,292; 5,877 y 6,599 kg ha⁻¹, que

varió en función de la aplicación de nitrógeno (N) en cantidades de 100, 200 y 300 kg ha⁻¹ año⁻¹.

En Brasil se midió el rendimiento y la calidad de *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa al aplicar 0, 50, 100, 150 y 200 kg N ha⁻¹ después de cada cosecha mensual, equivalente a 0, 150, 300, 450 y 600 kg N ha⁻¹ por temporada, se encontró que al aumentar el N incrementó el rendimiento de materia seca (MS), el porcentaje de proteína (PC) y disminuyó la fibra detergente neutro (FDN). No obstante, indicaron hacer estudios a más largo plazo y en diferentes épocas del año para confirmar los resultados obtenidos (Shintate *et al.*, 2019).

En Tailandia al experimentar con *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa se aplicaron 320 kg de nitrógeno ha⁻¹ año⁻¹, y se produjo 16,907 kg ha⁻¹ de materia seca (Hare *et al.*, 2015).

De acuerdo con los resultados de un estudio efectuado por Joaquín *et al.* (2009), se derivó que las praderas de pasto Mombasa pueden fertilizarse con la fórmula 100-00-00 de N, P, K. No obstante, en la región tropical húmeda de México existen pocos estudios relacionados con la fertilización de gramíneas tropicales de corte.

En Loma Bonita, Oaxaca recomendaron fertilizar al pasto Mombasa para rendimiento de semilla con la fórmula 100, 50 y 50 kg ha⁻¹ de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) (Joaquín *et al.*, 2020). Se hace evidente que para rendimiento en biomasa es necesario identificar el manejo nutricional de esta gramínea en épocas del año como son lluvias, nortes y sequía.

4.6. Rendimiento de *Megathyrus maximus* cv. Mombasa

En condiciones naturales y en suelos fértiles, se llega a producir de 12 a 15 toneladas de forraje seco por hectárea por año y de 60 a 75 toneladas por hectárea por año de forraje verde realizando cortes cada 7 a 9 semanas (Herazo y Morelo, 2008).

El impacto del corte depende de la velocidad de crecimiento de la especie Guinea, de su desarrollo, de los factores ambientales y de la defoliación. El corte modifica el microclima, ya que expone al suelo a la radiación directa, y al elevarse la temperatura del suelo se modifica la respiración y el balance del carbono (Márquez, 2014).

Al aplicar 50 kg ha⁻¹ año⁻¹ de urea (46 % N) se han alcanzado rendimientos de 30 a 40 toneladas ha⁻¹ año⁻¹ de forraje seco y de 150 a 200 toneladas ha⁻¹ año⁻¹ de forraje verde. En pastoreo continuo se pueden mantener de 2.0 a 2.5 unidades animales por hectárea, si se aplica fertilización, riego y rotación de potreros su capacidad de carga puede aumentar de 5 a 6 unidades animales por hectárea (Herazo y Morelo, 2008).

4.6.1. Rendimiento de biomasa. La producción de forraje se determina por la radiación fotosintética (Gomide *et al.*, 2003). De acuerdo con Ramírez *et al.* (2009) en Costa Rica el rendimiento del pasto Mombasa en la temporada de sequía es de 3,177 kg ha⁻¹ mientras que en la época de lluvias es de 15,585 kg ha⁻¹.

En relación con la fertilización en clima tropical húmedo Cerdas y Vallejos (2011) mencionaron que al aplicar urea (46 % N) se logra una mayor producción de

biomasa verde (kg ha^{-1}) que cuando se utiliza nitrato de amonio (NH_4NO_3) o sulfato de amonio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$).

4.6.2. Contenido de clorofila en hojas. La clorofila es el pigmento verde de las plantas el cual absorbe la energía lumínica y la transforma en energía química por medio de la fotosíntesis para la síntesis de los compuestos orgánicos de la planta (Ruiz *et al.*, 2019). La clorofila, de los vocablos griegos, *chloros*, que significa "verde" y *phyllon*, que significa "hoja", es una familia de pigmentos, que son los responsables de dar a las plantas su color verde característico.

Hay cuatro tipos de clorofila, la A ($\text{C}_{55}\text{H}_{72}\text{MgN}_4\text{O}_5$) se encuentra en los vegetales y absorbe la luz durante la fotosíntesis; la B ($\text{C}_{55}\text{H}_{70}\text{MgN}_4\text{O}_6$) se encuentra en los cloroplastos, absorbe la luz de otra longitud y transfiere la energía a la clorofila A; la C está en los cloroplastos de las algas pardas, las diatomeas y la D se halla en las algas rojas. Las clorofilas se caracterizan por presentar un ion magnesio en su centro (Fernández, 2010).

En la producción de gramíneas tropicales se ha propuesto determinar en hojas la concentración de nitrógeno (N) para toma de decisiones de los ganaderos para fertilizar y las praderas soporten una adecuada carga animal, procurando que el forraje tenga altos contenidos de proteína cruda (PC). La concentración de clorofila puede evaluarse con el equipo de campo SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development) (Rincón *et al.*, 2019).

4.6.3. Rendimiento de materia seca. Las condiciones climáticas y edáficas son un factor indispensable en el rendimiento del pasto guinea, por lo que la

producción de materia seca en Nayarit con clima cálido húmedo a los 120 días se contabilizó en 7,903 kg ha⁻¹ superando a los pastos Tanzania y Toledo (Ortega *et al.*, 2015).

En el Valle Patía en Colombia los valores de materia seca obtenidos en diferentes colecciones de *Megathyrsus maximus* oscilaron entre 5,090 y 7,820 kg ha⁻¹ (Carvajal-Tapia *et al.*, 2021).

De acuerdo con Benabderrahim and Elfalleh (2021) Guinea es uno de los pastos más conocidos en regiones tropicales y subtropicales, por su potencial de rendimiento de materia seca cuya producción alcanza 33.0 t ha⁻¹ por año. Lo anterior es el resultado de las altas tasas de crecimiento del pasto, debido a su mecanismo fotosintético C4, que le permite acumular concentraciones altas de dióxido de carbono (CO₂) en los cloroplastos de sus hojas.

4.7. Contenido nutrimental del pasto Guinea

El pasto cv. Mombasa tiene 11.6 % de proteína cruda (PC), 41.1 % de fibra detergente ácido (FDA), 68.6 % de fibra detergente neutro (FDN), 1.63 % de extracto etéreo, también contiene cenizas (13.4 %), calcio (0.29 %) y fósforo (0.26 %) (Molina *et al.*, 2015). El contenido de celulosa es de 20 a 30 % en materia seca, la hemicelulosa varía de 10 a 30 % (Verdecia *et al.*, 2008).

El valor nutricional del pasto muestra congruencia con la literatura en algunas variables como la materia seca al día 30 del rebrote y la proteína cruda (PC) un valor de 11.8 % para el día 90 del rebrote (Tovar, 2016). Cuando el pasto está tierno su proteína cruda (PC) tiene un valor del 30 % y cuando está maduro puede llegar a 3 % (Verdecia *et al.*, 2008).

Carvajal-Tapia *et al.* (2021) determinaron en *Megathyrsus maximus* un contenido de proteína cruda (PC) de 10.07 %, la fibra detergente neutro (FDN) fue de 66.41 %, la fibra detergente ácido (FDA) alcanzó 38.88 % y la digestibilidad de la materia seca *in vitro* (DIVMS) fue de 58.65 %.

Con referencia a lo antes expuesto, Schnellmann *et al.* (2020), apuntaron que el valor nutritivo del forraje es afectado por factores asociados a la planta (morfología, edad y especie), temperatura, lluvia, radiación solar, fertilidad y tipo de suelo; no olvidando el efecto que ejercen sobre la gramínea las plagas, enfermedades y el manejo agronómico general del cultivo (semilla, método de siembra, fertilización, frecuencia de pastoreo o carga animal).

4.8. Uso en la ganadería de *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa

El pasto Guinea resiste una carga animal alta de 1.5 animales ha⁻¹, pero el consumo animal no debe sobrepasar alturas de aprovechamiento por debajo de 15 a 25 cm (Villamizar y Salgado, 2011) es decir pastoreo frecuente pero no severo.

Por su parte Benbderrahim and Elfalleh (2021) indicaron que el Guinea es una planta propicia para pastoreo a una altura superior de 35 cm, puede usarse como pasto de corte y acarreo, ensilado o henificado. Para una buena productividad animal, el periodo de descanso ideal es cuando el rebrote muestra 2.5 hojas por tallo. Para ensilado y henificado deberá aprovecharse cuando presenta una altura de 60 a 90 cm, para una calidad más aceptable debe cosecharse por arriba de 1.5 metros.

El pasto Mombasa por su gran altura se utiliza para corte, ensilado, pero su mayor utilidad es en pastoreo (Bernal, 2003).

Cuando el pasto alcanza una altura de 80 a 100 cm presenta el 60 % de digestibilidad de la materia seca (DMS) por lo que es la época ideal para el pastoreo, con un periodo de ocupación de seis días por potrero, aquí se deberá considerar el tamaño del terreno y la carga animal, dejándolo descansar de 30 a 45 días en temporada de lluvias (Bernal, 2003).

El pasto Guinea soporta una carga inicial en praderas de temporal de 4 cabezas bovinas ha⁻¹ y en condiciones de riego este valor puede verse incrementado. Para crecimiento y engorda de novillos en praderas de temporal, se pueden lograr 450 a 500 kg ha⁻¹ de carne anual en praderas de temporal y de 2,600 a 3,000 kg ha⁻¹ de carne con sistemas de riego (Tovar, 2016).

Se debe considerar que, al aumentar la carga animal en potreros de pasto Guinea, la proteína y digestibilidad del pasto disminuyen y la fibra aumenta debido a que con cargas altas la posibilidad de selección del forraje disminuye, y el ganado se ve obligado a consumir estratos inferiores de los macollos. Así, el mayor contenido de proteína se encuentra en hojas como proteína metabólica, lo cual coincide con una mejor digestibilidad de la materia seca ingerida (Osuna *et al.*, 1991).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización del experimento

El experimento se realizó en terrenos de La Posta Zootécnica de la Universidad del Papaloapan, ubicada en Loma Bonita, Oaxaca, México (18° 06' LN, 95° 53' LO a 25 msnm) (INEGI, 2005).

5.2. Condiciones climáticas y edáficas

El clima está clasificado como Aw (23 % del territorio nacional), Sistema Köppen modificado por Enriqueta García, que corresponde a cálido húmedo con lluvias en verano, precipitación media anual de 1845 mm y temperatura media de 25 °C. Con presencia de canícula (periodo de sequía en época de lluvias). Los suelos predominantes son acrisoles de textura fina y arenosoles de textura gruesa (INEGI, 2005).

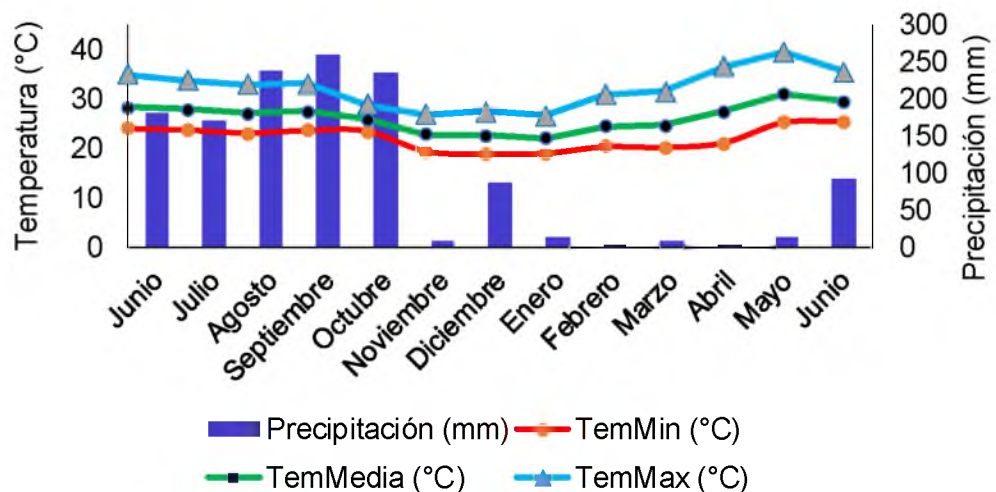


Figura 1: Temperatura máxima, mínima y promedio (°C), y precipitación (mm) en Loma Bonita, Oaxaca, México en el periodo junio de 2018 a junio de 2019.

5.3. Material experimental

En el año 2017 se estableció una pradera de pasto Guinea, *Megathyrus maximus* (Jacq.) Simon & Jacobs cv Mombasa, el cual se sembró con material vegetativo de forma asexual, previa apertura de cepas de 40 cm de profundidad por 20 cm de ancho. El 14 de Junio de 2018 se trazaron 24 unidades experimentales para aplicar los tratamientos de fertilización en estudio a base de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). El día 13 de Julio se hizo un corte de uniformidad, con tijeras de jardinería, para dejar el pasto a una altura de 15 cm del suelo.

A partir del 31 de Julio se iniciaron los muestreos de determinación de crecimiento y rendimiento de materia seca (MS) del pasto Guinea con una frecuencia semanal para el que se llamó ciclo de lluvias que abarcó de Junio a Octubre de 2018. En una segunda evaluación que comprendió de noviembre de 2018 a Febrero de 2019 se trabajó el ciclo dos que se denominó época de nortes, periodo del año que se caracteriza por lluvias de corta intensidad.

En una tercera evaluación que comprendió de Marzo de 2019 a Mayo de 2019 se trabajó el ciclo tres que se denominó época de sequía, periodo del año que se caracteriza por altas temperaturas y escasez de lluvias.

5.4. Tratamientos y diseño experimental

Se evaluó la fertilización mineral en ocho tratamientos con la combinación de N: P: K, T1=00-00-00, T2=100-00-00, T3=140-20-00, T4=180-40-20, T5=200-00-00, T6=240-40-20, T7=260-60-40 y T8=300-00-00.

Se dosificaron a partir de urea (46-00-00), fosfato diamónico (18-46-00) y cloruro de potasio (00-00-60). La formulación de los tratamientos obedeció al hecho de que las praderas de pasto Guinea se nutren con la fórmula de fertilización 100-00-00 unidades de N, P₂O₅, K₂O (Joaquín *et al.*, 2009).

Siendo el nitrógeno (N) uno de los minerales más demandados por las gramíneas tropicales y, en el caso particular del pasto Guinea, cuando se aprovecha en pastoreo por el ganado ovino es a alturas que oscilan en 50 cm (Silveira *et al.*, 2017), cuando se utiliza como pasto de corte y acarreo llega a alcanzar en campo hasta 2.5 m de altura (Muñoz *et al.*, 2007), requiriendo en esas condiciones un aporte mayor de nutrientes.

En cada época de estudio (lluvias, nortes y sequías) se fertilizó el pasto, en el periodo de lluvias se fertilizó en julio, para nortes la fertilización se realizó en el mes de noviembre, en sequía se efectuó en marzo, previo corte de uniformidad y cuando iniciaba el periodo de amacollamiento de la gramínea.

El diseño experimental implementado fue completamente al azar con ocho tratamientos, que fueron las dosis de fertilización y tres repeticiones que se aplicaron a unidades experimentales de 3 m de largo por 2 m de ancho, siendo cada unidad experimental de 6 m², a partir de las cuales en la parte central de cada parcela experimental se hicieron las determinaciones de crecimiento y se tomó una muestra de 200 gramos de material vegetal por unidad experimental para hacer las determinaciones de materia seca (MS).

Los tratamientos se asignaron considerando un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones. Cada unidad experimental fue de 6 m² para evaluar el crecimiento. En la realización de los muestreos se utilizó la parte central de la parcela para eliminar efecto de orilla y hacer las determinaciones de crecimiento.

5.5. Variables estudiadas

Las variables de respuesta cuantificadas fueron:

-Altura de la planta (AP). Se midió, con una cinta métrica metálica flexible, desde el nivel del suelo hasta la parte superior de la planta con sus hojas completamente extendidas.

-Número de macollos por metro cuadrado (NM). Se contó el número de macollos (cepas de plántulas) por metro cuadrado, para ello en la parte central de cada parcela experimental se delimitó un área de 1.0 m² utilizando un cuadro de madera.

-Número de tallos por metro cuadrado (NT). Se contó a partir del número de macollos existentes por metro cuadrado.

-Contenido de clorofila (C). Se midió en las hojas usando el determinador de clorofila SPAD-502 de Minolta®. Rincón y Ligarreto (2010) indicaron que el SPAD-502 mide el índice de verdor, el cual está directamente relacionado con el contenido de clorofila en las hojas de las plantas.

-Materia seca (MS): se obtuvo a partir de una muestra de 200 g del forraje que se pesó en fresco para cada una de las parcelas, dicha muestra se colocó en una estufa en donde se eliminó el agua presente en el tejido vegetal hasta que la muestra alcanzó un peso constante.

5.6. Análisis de datos

El análisis estadístico de la información se efectuó para cada época (lluvias, nortes y sequía) teniendo como base el diseño experimental completamente al azar con ocho tratamientos de fertilización y tres repeticiones mediante el modelo lineal:

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

Donde:

Y_{ij} fue la variable de respuesta.

μ es la media general del experimento.

T_i es el efecto de los tratamientos de fertilización.

E_{ij} es la fuente de variación asociada al error experimental.

Se efectuó un análisis de varianza usando el Proc GLM de SAS (SAS, 2013) y una prueba de comparación de medias por Tukey ($P \leq 0.05$) para aquellas variables que mostraron significancia estadística.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Análisis de varianza

Al efectuar el análisis de varianza, se encontró que existen diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos de fertilización con nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) que se aplicaron en pasto Guinea cv. Mombasa en tres épocas del año. Esta diferencia, de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) (Cuadro 1), fue mayor en la temporada de lluvias, ya que en ese periodo de evaluación la altura promedio de planta fue superior en los tratamientos donde se fertilizó, con relación al tratamiento 00-00-00 (testigo).

La existencia de diferencias entre tratamientos indica un efecto de la época de evaluación, ya que la lluvia y las temperaturas variaron entre épocas (Figura 1).

6.2. Variables asociadas al crecimiento en Mombasa

6.2.1. Altura de planta (AP). En la época de lluvias la altura de planta presentó un aumento acelerado en los primeros 43 a 71 días de crecimiento (Cuadro 1), observándose una respuesta notoria en la altura de las plantas fertilizadas a partir del día 22, con relación al tratamiento testigo, crecimiento que siempre fue superior hasta el día 85 de muestreo.

Estos resultados concuerdan en parte con un estudio en pasto Guinea producido en condiciones amazónicas donde se observó un crecimiento acelerado hasta los 40 días de rebrote, a razón de 2.5 cm por día, a partir del cual el pasto creció

lentamente por adaptaciones fisiológicas a factores climáticos (Álvarez *et al.*, 2016).

En este estudio, la mayor altura de planta (AP) en época de lluvias fue de 216.7 y 214.5 cm cuando se usó el tratamiento 300-00-00 y 240-40-20 de N-P-K, respectivamente (Cuadro 1), mostrando que la fertilización alta en nitrógeno o N en combinación con P y K mejoraron el crecimiento vegetativo del pasto. Se ha argumentado que el pasto Mombasa es una gramínea forrajera altamente demandante en nutrientes del suelo, y la fertilización es determinante para incrementar el desarrollo y concentrar nutrientes en las hojas, mejorando la productividad, aunado a una importante respuesta de los forrajes a la fertilización con nitrógeno (N) (Munari *et al.* 2017).

Cuadro 1. Altura de planta (cm) en pasto Mombasa (*Megathyrus maximus*) en función de fertilización en época de lluvias, nortes y sequía. Loma Bonita, Oaxaca, México.

F	E	FM1	FM2	FM3	FM4	FM5	FM6	FM7	FM8	X	DHS	CV
15	1	81.1a	99.6a	114.1a	116.7a	106.9a	116.1a	106.2a	99.9a	105.6	40.2	13.5
	2	54.7e	60.5d	57.4e	67.3b	66.9bc	65.2bc	64.1c	71.0a	63.4	2.8	4.5
	3	38.3a	33.0a	40.3a	37.3a	41.00a	37.0a	32.3a	30.0a	36.2	11.2	10.9
22	1	85.2b	137.0a	157.0a	154.5a	147.0a	143.4a	146.8a	136.2a	137.9	30.0	7.7
	2	66.5e	73.0d	75.7cd	91.0a	77.3c	83.7b	83.6b	84.4b	79.4	3.2	4.1
	3	40.7bc	36.0cd	40.7bc	39.3bc	42.3ab	45.7a	38.0bcd	34.3d	39.6	4.7	4.2
29	1	91.4c	180.4a	162.9ab	148.6ab	139.0b	150.2ab	159.6ab	142.0ab	146.7	40.1	9.7
	2	69.7d	85.3c	83.0c	98.7a	84.4c	92.1b	96.2ab	92.7b	87.8	5.6	10.3
	3	42.3bc	38.3cd	41.3bcd	42.3bc	48.3b	48.0a	41.7bcd	37.7d	41.9	4.4	3.7
36	1	96.7b	137.5a	150.2a	137.0a	146.2a	150.2a	148.3a	158.3a	140.5	37.4	9.4
	2	72.7e	92.2d	90.3d	106.2a	93.6cd	99.4b	108.7a	98.7bc	95.2	6.0	11.3
	3	43.7abc	41.0bc	42.0bc	45.0ab	45.0ab	47.7a	44.0ab	39.0c	43.4	4.7	3.8
43	1	115.0b	143.4ab	166.0ab	133.3ab	175.2a	171.5a	160.4ab	151.4ab	152.0	54.8	12.7
	2	80.7e	103.3bcd	96.1d	110.6ab	98.7cd	105.5bc	114.9a	102.2bcd	101.5	8.5	10.1
	3	46.0bc	43.0bc	43.3bc	46.7ab	46.7ab	50.3a	47.0ab	41.7c	45.4	4.9	3.8
50	1	104.7f	147.0de	167.0a	138.9e	159.6ab	157.8bc	157.6bc	149.6cd	147.7	8.9	2.1
	2	84.2d	107.1bc	100.3c	115.8ab	107.0bc	112.7ab	121.0a	103.6c	106.5	8.4	10.3
	3	46.3cde	43.7e	45.3de	50.0ab	48.3bcd	52.0a	49.3abc	45.7de	47.6	3.1	2.3
57	1	122.0c	155.1ab	169.1a	148.2b	163.1ab	167.7a	165.6a	159.2ab	156.2	14.9	3.4
	2	89.7e	111.7bcd	103.1d	121.9ab	108.4cd	115.8bc	128.4a	106.7cd	110.7	11.3	3.6
	3	48.3c	44.3d	47.3cd	53.0b	47.7cd	57.7a	51.0bc	47.7cd	49.6	3.8	2.8
64	1	137.8b	166.8a	173.3a	164.7a	169.2a	180.3a	170.9a	167.3a	166.3	24.3	5.2
	2	92.0d	113.3bc	108.9c	126.1ab	110.0c	118.2bc	133.6a	108.4c	113.8	14.1	4.3
	3	49.0ef	57.7ab	48.0ef	55.7bc	51.7cde	61.0a	55.0bcd	51.3de	53.3	4.3	2.9
71	1	171.7b	179.5b	181.5ab	170.7b	177.4b	194.5a	178.3b	183.6ab	179.6	13.8	2.7
	2	93.6d	116.8c	112.4c	128.1ab	111.4c	119.2bc	136.2a	110.0c	116.0	11.4	3.5
	3	50.0b	68.0a	54.7b	57.0ab	53.3b	61.7ab	57.7ab	57.0ab	57.4	11.8	7.3
78	1	181.1cd	184.3bcd	193.1abc	179.1d	190.7bcd	204.7a	189.7bcd	196.3ab	189.9	12.4	2.3
	2	97.1d	121.7bc	115.1c	129.4ab	115.4c	120.7bc	140.6a	112.3c	119.0	11.3	3.4
	3	52.0c	81.0a	61.3bc	62.7bc	60.3bc	66.7b	64.7b	64.0b	64.0	11.9	6.4
85	1	193.1b	195.8b	209.0ab	199.2ab	196.6ab	214.5a	198.9ab	216.7a	202.6	20.3	3.5
	2	99.8c	125.9b	123.1b	135.2ab	126.8b	128.4b	148.4a	126.1b	126.7	14.1	6.4
	3	54.7c	87.3a	66.0bc	67.7b	64.7bc	71.0b	71.0b	70.3b	69.0	11.6	5.9

F=Fecha de muestreo (d), E=Época (1: lluvia de junio-octubre 2018), (2: nortes de noviembre 2018-febrero 2019), (3: sequía de marzo-mayo de 2019), FM1=00-00-00, FM2=100-00-00, FM3=140-20-00, FM4=180-40-20, FM5=200-00-00, FM6=240-40-20, FM7=260-60-40, FM8=300-00-00 de NPK, X=Valor promedio, DHS=Diferencia honesta significativa (Tukey, $P \leq 0.05$), CV=Coefficiente de variación (%).

En época de lluvias el crecimiento en altura de planta (AP) se notó que fue importante también cuando se utilizaron fórmulas ternarias, ya sea con la fórmula 240-40-20 o la dosis de fertilización 260-60-40 de N-P-K. Dicha respuesta se vio favorecida por la cantidad de lluvia que se registró de Junio a Octubre del año 2018 (Figura 1) que ascendió a 1084.6 mm de precipitación, lo que representó un 90 % del total de lluvia (1197 mm) que se tuvo en el periodo de estudio (junio de 2018 a junio de 2019).

En la literatura consultada se sostiene que para que exista crecimiento en gramíneas forrajeras deben ocurrir tres eventos: aparición de estructuras vegetativas, elongación y desenvolvimiento de hojas de acuerdo con su naturaleza genética, las cuales son influenciadas por condiciones ambientales como lluvia, temperatura, luminosidad y fertilidad del suelo (Costa *et al.*, 2017).

La variable altura de planta (AP) en la época de nortes reveló que cuando el pasto Guinea recibió diferentes dosis de fertilización con nitrógeno (N) o en combinación con fósforo (P) y potasio (K) siempre las alturas superaron estadísticamente lo observado en el testigo, aunque las máximas alturas de planta se tuvieron con el tratamiento 260-60-40 (Cuadro 1), según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), lo que denota una diferencia evidente en relación con lo obtenido en dicho tratamiento en época de lluvias, donde en esa misma dosis de fertilización la altura de planta máxima fue de 198.9 cm.

Es importante considerar que en la temporada de nortes de noviembre de 2018 a febrero de 2019 se registraron 112.2 milímetros de lluvia y en la época de

sequía se registraron 117.4 milímetros de lluvia (Figura 1), denotando que la escasez de humedad edáfica en este periodo de sequía, y donde también se presentaron las temperaturas más altas, se reflejó en crecimientos diferentes a los que existieron en el periodo de lluvias.

Márquez (2014) mencionó que a mayor frecuencia de corte mejor rendimiento se obtendrá sobre la variable altura de la planta, observándose una ventaja en el pasto Mombasa cuando está bajo sombra natural durante la época de sequía, debido a que la luminosidad es un factor implicado en la productividad del pasto; a su vez, Hernández y Guenni (2008), expresaron que existe un efecto benéfico de la sombra sobre los pastos con relación a su crecimiento.

Por su parte, Shelton *et al.*, (1991) observaron que el crecimiento de los pastos bajo sombra se vio favorecido en el periodo de sequía debido al alto contenido de humedad en el suelo, mientras que en los pastos sin sombra dejaron de crecer temporalmente debido a una rápida evaporación del agua.

Es evidente que en época de sequía el crecimiento del pasto Mombasa se vio afectado seriamente por la carencia de lluvia y las alturas de planta se vieron disminuidas si se considera la información obtenida en lluvias y nortes (Cuadro 1). En este sentido Muñoz *et al.* (2007) señalaron que el pasto Guinea se adapta a promedios de lluvia anuales de 800 a 1,000 milímetros, produce mejor en áreas con precipitación de 1,200 mm por año y, aunque tolera la sequía muestra una rápida recuperación al inicio de lluvias manteniendo el follaje verde aún después de concluir las anteriores.

Calderón y González (2007) justifican que debido a un efecto de dilución en el período lluvioso se observan menores concentraciones de nutrientes que en el periodo de sequía, ya que las altas temperaturas, luminosidad y las abundantes precipitaciones, incrementan la producción del pasto.

6.2.2. Macollos por metro cuadrado (NM). Para número de macollos por metro cuadrado (Cuadro 2) se tuvieron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) por efecto de la fertilización, principalmente en las fórmulas donde además de nitrógeno (N), se aplicó fósforo (P) y potasio (K).

En la época de lluvias a partir del día 36 de muestreo el número de macollos por metro cuadrado fue estadísticamente similar con relación al testigo; inclusive, los tratamientos con dosis altas en N, P_2O_5 , K_2O no muestran una gran cantidad de macollos, esto se explica porque la fertilización fue importante en las primeras etapas de desarrollo al promover una rápida formación de hijuelos, tal efecto no se reflejó después de los 29 días por las intensas lluvias que pudieron efectuar una rápida movilización de nutrientes en el suelo, situación que en nortes y sequía fue consistente al no encontrarse diferencias entre tratamientos para número de macollos por metro cuadrado (Cuadro 2), se debe a que los tallos destinan sus reservas hacia crecimiento y no se promueve la aparición o desarrollo de estructuras meristemáticas.

En un trabajo efectuado en Ecuador se contabilizó de 2.4 a 4.4 macollos por metro cuadrado, y el mayor número de macollos se censó a los 30 días con una mayor cantidad de hijuelos en las primeras semanas de rebrote del pasto Guinea,

los autores aseguraron que en otros estudios realizados en clima tropical existió una mayor cantidad de plantas por metro cuadrado a la edad de 45 días (Álvarez *et al.*, 2016).

En época de nortes la escasa precipitación que se registró (Figura 1) en la presente experiencia explica que el fertilizante no favoreció el desempeño de la actividad meristemática del pasto Mombasa para formar macollos, en concordancia con el comportamiento de altura de planta que fue menor con relación a lo observado en época de lluvias.

En un ensayo efectuado en pasto Guinea en Brasil en época de lluvias se encontró que el número de plantas por metro cuadrado fue similar en los cultivares Tanzania, Mombaza y Likoni, fenómeno que se atribuyó a que las variedades mostraron una buena agroproductividad en las condiciones climáticas en que se efectuó el estudio (Fortes *et al.*, 2014).

Cuadro 2. Macollos por metro cuadrado en pasto Mombasa *Megathyrus maximus* en función de fertilización en época de lluvias, nortes y sequía. Loma Bonita, Oaxaca, México.

F	E	FM1	FM2	FM3	FM4	FM5	FM6	FM7	FM8	X	DHS	CV
15	1	20.0a	14.7a	18.7a	16.0a	18.7a	18.7a	16.0a	16.7a	17.4	12.3	24.9
	2	14.7a	12.0ab	9.3bcd	10.7bc	8.0cd	6.7d	8.0cd	6.7d	9.5	2.9	10.5
	3	13.3a	14.7a	12.0a	14.7a	12.0a	14.7a	12.0a	14.7a	13.5	8.6	22.6
22	1	17.3ab	15.3ab	20.6ab	16.7ab	12.7ab	23.3a	22.6a	6.7b	16.9	15.0	31.5
	2	9.3ab	10.7a	8.0ab	8.0ab	6.7b	9.3ab	8.0ab	6.7b	8.3	2.7	11.9
	3	13.3a	10.7a	13.3a	10.7a	13.3a	10.7a	13.3a	10.7a	12.0	17.7	32.3
29	1	14.6a	16.0a	22.6a	17.3a	13.3a	14.6a	17.3a	6.0a	15.3	17.3	40.2
	2	14.7a	9.3ab	8.0b	10.7ab	10.7ab	12.0ab	9.3ab	12.0ab	10.8	5.9	18.5
	3	10.7a	14.7a	13.3a	14.7a	13.3a	14.7a	13.3a	14.7a	13.7	24.6	24.2
36	1	14.7a	18.7a	14.7a	17.3a	16.0a	14.7a	9.3a	12.0a	14.7	12.6	30.5
	2	9.3a	12.0a	9.3a	9.3a	9.3a	9.3a	9.3a	10.7a	9.8	7.3	20.3
	3	9.3a	9.3a	10.7a	9.3a	10.7a	9.3a	10.7a	9.3a	9.8	6.5	23.5
43	1	10.7a	6.7a	9.3a	18.0a	13.3a	9.3a	8.0a	6.7a	10.3	17.1	38.9
	2	12.0a	8.0a	10.7a	12.0a	12.0a	10.7a	9.3a	10.7a	10.7	8.4	28.1
	3	12.0a	12.0a	9.3a	12.0a	9.3a	12.0a	9.3a	12.0a	11.0	9.7	31.5
50	1	9.3a	8.0a	10.7a	16.0a	12.0a	9.3a	12.0a	8.0a	10.6	15.9	42.3
	2	13.3a	12.0a	13.3a	10.7a	9.3a	12.0a	9.3a	10.7a	11.3	9.6	26.5
	3	14.5a	12.0a	14.7a	12.0a	14.7a	12.0a	14.7a	12.0a	13.3	9.2	24.5
57	1	10.7a	9.3a	5.3a	12.0a	6.7a	9.3a	6.7a	6.7a	8.3	10.1	42.7
	2	13.3a	10.7a	14.7a	14.7a	10.7a	13.3a	10.7a	14.7a	12.9	8.5	23.4
	3	10.7a	13.3a	10.7a	13.3a	10.7a	13.3a	10.7a	13.3a	12.0	17.2	28.3
64	1	14.6a	5.3a	8.0a	12.0a	8.0a	4.0a	8.0a	4.0a	8.0	13.0	42.4
	2	10.6a	10.6a	9.3a	10.7a	12.0a	9.3a	9.3a	12.0a	10.5	8.6	29.1
	3	14.7a	13.3a	14.7a	13.3a	14.7a	13.3a	14.7a	13.3a	14.0	10.3	26.0
71	1	9.3a	6.7a	5.3a	8.0a	5.3a	5.3a	5.3a	8.0a	6.7	8.9	37.4
	2	9.3a	10.7a	13.3a	10.7a	9.3a	9.3a	12.0a	9.3a	10.5	8.5	28.6
	3	9.3a	10.7a	9.3a	10.7a	9.3a	10.7a	9.3a	10.7a	10.0	6.5	23.0
78	1	8.0a	8.0a	6.7a	8.0a	5.3a	5.3a	5.3a	6.7a	6.7	10.3	38.1
	2	12.0a	10.7a	9.3a	12.0a	10.7a	10.7a	9.3a	10.7a	10.7	5.6	18.7
	3	12.0a	9.3a	12.0a	9.3a	12.0a	9.3a	12.0a	9.3a	10.6	9.2	30.6
85	1	8.0a	8.0a	5.3a	6.7a	5.3a	6.7a	5.3a	5.3a	6.3	8.9	36.7
	2	9.3a	12.0a	10.7a	10.7a	10.7a	10.7a	10.7a	10.7a	10.6	8.5	28.1
	3	12.0a	10.7a	12.0a	9.3a	12.0a	9.3a	12.0a	9.3a	10.8	9.3	30.1

F=Fecha de muestreo (d), E=Época (1: lluvia de junio-octubre 2018), (2: nortes de noviembre 2018-febrero 2019), (3: sequía de marzo-mayo de 2019), FM1=00-00-00, FM2=100-00-00, FM3=140-20-00, FM4=180-40-20, FM5=200-00-00, FM6=240-40-20, FM7=260-60-40, FM8=300-00-00 de NPK, X=Valor promedio, Dhs=Diferencia honesta significativa (Tukey, $P \leq 0.05$), CV=Coeficiente de variación (%).

6.2.3. Número de tallos por metro cuadrado (NT). Para número de tallos por metro cuadrado (NT) en época de lluvias no existieron diferencias estadísticas significativas (Cuadro 3), indicando ausencia de un efecto positivo de la fertilización sobre la variable referida. A diferencia del comportamiento anterior, en época de nortes el número de plantas por metro cuadrado (NT) sobresalió estadísticamente en los tratamientos 240-40-20 y 260-60-40 (Cuadro 3), atribuido a que en la primera etapa de evaluación el pasto Guinea produjo semilla y dado que la nutrición es un factor que incide en la viabilidad de las semillas debió contribuir a que en esas dosis se tuviera un mayor número de tallos por metro cuadrado.

En época de nortes se tuvieron valores de 1,374.7 y 1,573.3 tallos m² durante las semanas 4 y 5 cuando se usó el tratamiento 260-60-40 de N, P, K. Pacheco *et al.* (2020) no observaron diferencias significativas durante nortes en la semana 4 y 5 después de rebrote, ya que se obtuvieron valores máximos de 3,042 y 2,810 tallos m², para las semanas de rebrote que previamente se indicaron.

En la presente investigación en sequía el número de tallos por metro cuadrado fue estadísticamente diferente ($P \leq 0.05$) a los 43 días de muestreo, situación que coincide con las épocas de aprovechamiento del pasto Mombasa (Cuadro 3), destacando las fórmulas ternarias 180-40-20, 240-40-20 y 260-60-40, se aclara que en general se contaron menos de 400 tallos por m², valor inferior a lo indicado por Pacheco *et al.* (2020), quienes en las semanas 4, 5 y 6 de rebrote reportaron 3,094; 2,931 y 2,800 tallos por m², respectivamente, y se explicó por presencia de lluvias en todo el año de evaluación (2011), con excepción del mes de abril.

Cuadro 3. Número de tallos por metro cuadrado en pasto Mombasa *Megathyrus maximus* en función de fertilización en época de lluvias, nortes y sequía. Loma Bonita, Oaxaca. México.

F	E	FM1	FM2	FM3	FM4	FM5	FM6	FM7	FM8	X	DHS	CV
15	1	458.7a	366.7a	424.0a	750.7a	568.0a	613.0a	392.0a	412.0a	498.2	466.6	33.1
	2	205.3c	160.0f	201.3d	212.0b	193.3e	226.7a	212.0b	140.0g	193.8	13.0	10.4
	3	320.0ab	386.7ab	375.3ab	205.3b	308.0ab	372.0ab	458.0a	320.0ab	343.2	211.3	21.7
22	1	235.3a	343.3a	384.0a	340.0a	288.0a	276.0a	386.7a	320.0a	321.6	223.8	24.6
	2	297.3g	400.7f	504.0e	616.6d	666.7c	917.3a	700.0b	393.3f	561.9	28.3	11.7
	3	368.0a	386.7a	337.3a	297.3a	364.0a	337.3a	372.0a	386.7a	356.2	202.9	20.2
29	1	218.7a	366.7a	257.3a	313.3a	386.7a	274.7a	349.3a	305.3a	309.0	205.5	23.5
	2	386.7c	456.0c	540.0bc	656.0bc	645.3bc	1340.0a	1122.7a	770.7b	739.7	282.7	13.5
	3	372.0a	205.3b	308.0ab	320.0ab	386.7a	308.0ab	337.3ab	386.7a	328.0	161.0	17.4
36	1	217.3a	356.0a	314.7a	338.0a	300.0a	370.7a	392.0a	302.7a	323.9	238.4	26.0
	2	386.7c	617.3c	562.7c	589.3c	657.3bc	1204.7ab	1374.7a	482.7c	734.4	565.3	27.3
	3	337.3a	297.3a	364.0a	372.0a	386.7a	364.0a	386.7a	368.0a	359.5	200.1	19.5
43	1	330.7a	268.0a	549.3a	472.0a	501.3a	401.3a	425.3a	382.7a	416.3	370.4	31.5
	2	320.0b	656.0b	657.3b	600.6b	612.0b	1272.0a	1573.3a	572.0b	782.9	424.0	19.2
	3	308.0ab	320.0ab	205.3b	337.3ab	372.0a	368.0a	386.7a	205.3b	312.8	138.7	15.7
50	1	357.3a	237.3a	549.3a	360.0a	501.3a	401.3a	501.3a	278.7a	398.3	407.8	36.2
	2	368.0b	617.3b	716.0b	641.3b	674.7b	1568.0a	1317.0a	569.3b	808.9	566.3	24.7
	3	364.0a	368.0a	297.3a	308.0a	337.3a	386.7a	308.0a	297.3a	333.3	230.5	24.5
57	1	236.0a	277.3a	148.0a	322.0a	270.7a	256.0a	270.7a	244.0a	253.1	424.7	38.4
	2	372.0b	648.0b	694.7b	678.7b	642.7b	1536.0a	1304.0a	580.0b	807.0	555.4	22.6
	3	205.3b	372.0a	386.7a	364.0a	368.0a	386.7a	364.0a	308.0ab	344.3	150.8	15.5
64	1	309.3a	166.7a	249.3a	154.0a	178.7a	206.7a	178.7a	305.3a	218.5	243.6	39.4
	2	337.3b	714.7b	660.0b	732.0b	688.0b	1278.7a	1234.7a	625.3b	783.8	424.0	19.1
	3	297.3a	337.3a	386.7a	368.0a	320.0a	205.3a	320.0a	364.0a	324.8	191.5	20.8
71	1	148.0a	164.0a	189.3a	142.0a	180.0a	168.3a	192.0a	172.0a	169.6	241.2	38.7
	2	308.0c	650.7c	732.0bc	709.3bc	665.3c	1477.3a	1265.3ab	648.0c	806.8	560.0	27.7
	3	386.7a	308.0a	320.0a	386.7a	205.3a	297.3a	205.3a	372.0a	310.2	225.8	25.7
78	1	118.7a	169.3a	265.3a	134.0a	218.7a	249.4a	218.7a	220.0a	199.3	261.0	37.4
	2	364.0b	750.7b	713.3b	752.0b	686.3b	1553.3a	1306.7a	662.0b	848.5	408.9	17.1
	3	386.7a	364.0a	368.0a	386.7a	297.3a	320.0a	297.3a	337.3a	344.7	240.7	24.7
85	1	242.7a	349.3a	289.3a	226.0a	250.7a	425.3a	250.7a	312.0a	293.3	367.0	34.9
	2	374.0b	749.3b	707.3b	712.3b	744.7b	1574.7a	1366.7a	698.0b	865.8	565.4	23.0
	3	393.3a	374.0a	368.0a	386.7a	350.0a	369.3a	396.7a	337.3a	371.9	178.2	16.9

F=Fecha de muestreo (Días), E=Época (1: lluvia de junio-octubre 2018), (2: nortes de noviembre 2018-febrero 2019), (3: sequía de marzo-mayo de 2019), FM1=00-00-00, FM2=100-00-00, FM3=140-20-00, FM4=180-40-20, FM5=200-00-00, FM6=240-40-20, FM7=260-60-40, FM8=300-00-00 de NPK, X=Valor promedio, DHS=Diferencia honesta significativa (Tukey, $P \leq 0.05$), CV=Coeficiente de variación (%).

6.2.4. Contenido de clorofila en hojas (C). El mayor contenido de clorofila (unidades SPAD) en época de lluvias (Cuadro 4) ocurrió con las dosis de fertilización 300-00-00, 240-40-20 y 260-60-40. Las concentraciones de clorofila en las plantas se relacionan con el color verde que presentan, ya que el nitrógeno junto con el magnesio son parte estructural de la molécula de clorofila (Taiz y Zeiger, 2006).

Los tratamientos con mayores índices de verdor en hojas se relacionaron con las fórmulas de fertilización que incluyeron nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Así, el determinador de clorofila SPAD-502 ayudó a conocer el estado nutricional del pasto Guinea.

Al medir el contenido de clorofila (C) en el pasto *Urochloa brizantha* cv. Marandú con un medidor portátil de clorofila se obtuvieron valores máximos de 60 unidades SPAD, mostrando una alta correlación entre los valores encontrados con el contenido de proteína cruda, y derivado del estudio se encontraron incrementos en los niveles de clorofila en relación con la fertilización con base en nitrógeno (Munari *et al.*, 2017).

En Brasil se evaluaron cinco dosis de nitrógeno (0, 50, 100, 150 y 200 kg ha⁻¹) en pasto señal (*Brachiaria decumbens*) dándose un incremento en el color verde de las hojas teniéndose intervalos de 32 a 54 en el corte uno y 17 a 42 unidades SPAD en el corte dos y se concluyó que el SPAD-502 demostró su eficiencia para estimar el nitrógeno foliar detectando variantes nutricionales en diferentes etapas de crecimiento (da Silva *et al.*, 2013).

Cuadro 4. Clorofila (unidades SPAD) en pasto Mombasa *Megathyrus maximus* en función de fertilización en época de lluvias, nortes y sequía. Loma Bonita, Oaxaca. México.

F	E	FM1	FM2	FM3	FM4	FM5	FM6	FM7	FM8	X	DHS	CV
15	1	26.8b	46.8a	43.9a	44.7a	46.7a	44.9a	48.8a	45.4a	43.5	8.8	7.2
	2	44.4b	50.7a	52.0a	50.0a	45.9b	44.8b	51.6a	50.6a	48.8	3.0	4.9
	3	20.6b	38.5a	32.5ab	21.6b	25.8b	24.4b	32.5ab	22.3b	27.3	11.9	15.4
22	1	28.1b	45.3a	43.9a	43.3a	44.4a	44.1a	45.1a	46.5a	42.6	6.9	5.8
	2	40.3c	47.6a	46.1ab	46.0ab	47.2a	43.9b	48.2a	47.5a	45.9	3.2	4.3
	3	22.3a	32.6a	35.9a	37.3a	38.5a	38.5a	35.9a	32.6a	34.2	20.5	21.1
29	1	34.7a	34.8a	36.0a	41.3a	43.7a	39.7a	44.8a	41.9a	39.7	17.3	15.4
	2	35.0c	40.0bc	40.3bc	50.7a	45.2ab	40.6bc	43.2b	43.2b	42.3	5.7	4.8
	3	25.8bc	38.8a	22.0c	32.5ab	32.6ab	32.6ab	21.6c	35.9ab	30.2	10.2	11.9
36	1	42.3a	40.0a	39.6a	41.4a	43.7a	39.7a	44.0a	37.6a	41.0	10.0	8.6
	2	29.4d	37.3c	38.8abc	40.0abc	37.5bc	43.0ab	44.1a	41.3abc	38.9	5.8	5.1
	3	21.6c	25.8bc	38.5a	35.9ab	38.8a	38.8a	43.9a	38.5a	35.2	10.7	10.7
43	1	33.0c	36.0bc	41.1ab	40.5abc	45.0a	44.3a	45.4a	44.5a	41.2	7.9	6.7
	2	31.9c	41.2b	43.0ab	40.0bc	45.5ab	43.3ab	40.7b	50.0a	42.0	8.0	7.2
	3	33.9ab	52.7a	32.5ab	22.3b	20.6b	32.5ab	22.3b	32.5ab	31.2	22.2	25.2
50	1	33.0b	36.0ab	38.9ab	36.0ab	43.9a	44.3a	41.5ab	46.2a	40.0	10.3	9.2
	2	31.0c	43.9ab	42.0ab	40.8ab	44.6ab	44.6ab	39.3bc	47.9a	41.2	8.5	7.3
	3	25.8bc	33.7ab	38.8a	25.8bc	21.6c	35.9a	38.5a	38.8a	32.3	9.2	10.0
57	1	32.6b	36.4ab	33.8b	34.2b	39.3ab	44.0a	44.7a	44.0a	38.6	9.2	8.5
	2	31.5b	39.6ab	40.7a	43.0a	42.5a	40.9a	43.7a	45.2a	40.9	8.4	7.8
	3	35.9a	35.9a	21.6a	38.5a	37.3a	21.5a	32.5a	25.8a	31.2	20.5	23.2
64	1	30.3c	34.1bc	37.7abc	39.2ab	41.1ab	40.6ab	43.2a	43.6a	38.7	8.6	7.9
	2	30.7c	43.4b	42.8b	42.6b	39.6b	41.9b	44.6b	50.6a	42.0	5.6	4.7
	3	21.6	38.5a	37.3a	32.5a	22.3a	37.3a	38.8a	21.6a	31.2	26.7	30.3
71	1	36.2c	39.2bc	39.2bc	37.5bc	42.6ab	43.0ab	45.6a	43.2ab	40.8	5.7	5.0
	2	29.9c	39.6ab	41.9a	43.3a	34.7bc	40.9a	40.8a	43.7a	39.4	5.3	5.1
	3	25.9ab	43.9a	25.8ab	38.8ab	32.5ab	22.3b	25.8ab	37.3ab	31.5	21.4	24.0
78	1	40.7a	40.5a	41.5a	39.0a	43.2a	43.1a	43.1a	42.4a	41.7	6.9	5.9
	2	33.0c	42.7a	41.2ab	40.7abc	32.7c	42.7a	44.1a	41.4ab	39.8	8.5	7.5
	3	22.7c	38.3a	22.3c	20.0c	35.9ab	25.8bc	21.3c	23.9c	26.4	11.7	15.6
85	1	40.8a	42.1a	43.7a	40.0a	42.8a	44.1a	45.1a	45.7a	42.9	7.2	5.9
	2	32.9b	41.0ab	39.1ab	39.9ab	38.5ab	42.9a	41.6a	41.5a	39.7	8.4	7.6
	3	23.3c	38.8a	25.6c	26.7c	35.9ab	28.2bc	26.3c	27.3c	29.0	8.3	10.2

F=Fecha de muestreo (Días), E=Época (1: lluvia de junio-octubre 2018), (2: nortes de noviembre 2018-febrero 2019), (3: sequía de marzo-mayo de 2019), FM1=00-00-00, FM2=100-00-00, FM3=140-20-00, FM4=180-40-20, FM5=200-00-00, FM6=240-40-20, FM7=260-60-40, FM8=300-00-00 de NPK, X=Valor promedio, DHS=Diferencia honesta significativa (Tukey, $P \leq 0.05$), CV=Coeficiente de variación (%).

Díaz *et al.* (2016) reportaron valores de clorofila foliar de 48.4 para el pasto Marandú y 40.7 en pasto Mombasa, y destacaron que el medidor de clorofila es una opción confiable para utilizarse en el diagnóstico nutricional para mejorar la productividad de gramíneas forrajeras.

En Colombia, se midió el contenido de clorofila (unidades SPAD) en tres especies del género *Urochloa*, producidas en época de lluvias, y se encontró una relación entre la intensidad del color verde de las hojas y el contenido de proteína. Así, con valores SPAD de 31 a 35, el contenido de proteína cruda (PC) alcanzó 10.7 %, cuando las unidades SPAD variaron de 36 a 40, el valor de PC ascendió a 12.6 % (Rincón *et al.*, 2019).

En la época de nortes el contenido de clorofila (C) en los tratamientos con fertilización, fueron estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$) con relación al tratamiento testigo (Cuadro 4). Confirmando que la fertilización alta con nitrógeno se correlacionó de manera positiva con el color verde en hojas, e incidió en el contenido de clorofila (C) en la lámina foliar de esta gramínea.

En la época de sequía las determinaciones de clorofila que se midieron en el pasto Guinea indicaron que la fertilización mejoró el color verde de las hojas e influyó en un mejor comportamiento de los componentes de crecimiento y de rendimiento que se censaron en esta gramínea. Aunque es importante resaltar el hecho de que los valores que se obtuvieron (Cuadro 4) considerando las épocas de lluvias y nortes son, en general, más bajos, atribuido a la escasez de lluvia que se presentó en la época de sequía.

El contenido de clorofila (C) refleja el estado nutrimental de las hojas y en condiciones de sequía las plantas presentan problemas para acceder a nutrientes que deberían encontrarse en la solución del suelo y de esta manera se complica el acceder a nutrimentos y que estos puedan ingresar al sistema radicular para su posterior movilización a tallos y hojas, afectándose de esta manera el crecimiento y la productividad de un cultivo (Bidwell, 1990; Taiz y Zeiger, 2006).

6.3. Rendimiento en pasto Mombasa

6.3.1. Rendimiento de materia seca (MS) en Mombasa. El rendimiento de materia seca (MS) fue superior ($P \leq 0.05$) en los tratamientos que recibieron fertilización (Cuadro 5). A los 43 días en la época de lluvias el rendimiento fue de 22,531 kg ha⁻¹ en el tratamiento 260-60-40, seguido del tratamiento 240-40-20 (17,566 kg ha⁻¹).

Se analiza este periodo porque en otro estudio realizado en *Megathyrus maximus* cv. Mombasa se recomendó otorgar un periodo de descanso a la pradera de entre 35 y 42 días, antes de su ocupación para pastoreo, lo que se reflejará en una mejor producción y calidad de forraje (Costa *et al.*, 2017).

En pasto Guinea *Megathyrus maximum* cv. Mombaza producido en Guerrero, México, estado que se caracteriza por presentar un clima de trópico seco, se estimó una producción anual de forraje de 12,200, 19,800 y 24,300 kg ha⁻¹ de materia seca (MS) cuando se muestreo a las tres, cinco y siete semanas de crecimiento (Ramírez *et al.*, 2009).

En Costa Rica se reportó para pasto Guinea cv. Tanzania, cortado a los 35 días de rebrote, un rendimiento de materia seca (MS) de 4,292; 5,877 y 6,599 kg ha⁻¹, que varió en función de la aplicación de nitrógeno (N) en cantidades de 100, 200 y 300 kg ha⁻¹ por año (Cerdas y Vallejos, 2011).

En el presente estudio a los 85 días de muestreo en época de lluvias se obtuvieron rendimientos de 24,406 kg ha⁻¹ de materia seca (MS) para la dosis de fertilización 300-00-00. En este sentido, en una evaluación realizada en Pasto Mombasa, en la zona de influencia de Paraná en Brasil, los autores reportaron rendimientos de materia seca de 23,985 kg ha⁻¹ (300 kg ha⁻¹ de N), que ascendió a 27,295 kg ha⁻¹ de materia seca cuando se usaron 1,200 kg ha⁻¹ de nitrógeno, el rendimiento fue resultado de seis cortes realizados de diciembre de 2012 a enero de 2014, bajo una precipitación de 1,320 mm, temperatura promedio de 25.3 °C y humedad relativa de 70 %, condiciones ambientales concordantes con un clima tropical húmedo (Shintate *et al.*, 2017).

En una evaluación realizada en Tailandia en *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa se aplicaron 320 kilogramos de N ha⁻¹ y se obtuvieron 16,907 kg ha⁻¹ de biomasa seca con un 71.5 % de hoja (Hare *et al.*, 2015).

Cuadro 5. Rendimiento de materia seca (kg ha⁻¹) en pasto Mombasa (*Megathyrus maximus*) en función de fertilización en época de lluvias, nortes y sequía. Loma Bonita, Oaxaca, México.

F	E	FM1	FM2	FM3	FM4	FM5	FM6	FM7	FM8	X	DHS	CV
15	1	965.0b	3761.0ab	3110.4ab	4807.6a	3697.8ab	4445.7ab	3125.1ab	2573.3ab	3310.5	3580.5	38.2
	2	269.1e	535.0b	428.2c	333.4d	307.2de	717.3a	544.7b	551.5b	460.8	56.9	15.7
	3	243.5b	99.5b	637.2a	223.3b	226.1b	81.3b	98.1b	44.3b	206.7	222.8	28.1
22	1	1227.0b	4945.4ab	5651.0a	5958.5a	5059.4ab	6952.1a	7274.7a	5579.6a	5330.7	3890.0	25.8
	2	561.3f	1578.5b	1073.2e	1578.7b	1228.7cd	1768.7a	1779.7a	1192.4d	1345.2	112.4	13.9
	3	196.0b	466.3ab	683.2a	388.8ab	347.2ab	216.8b	233.7ab	130.3b	352.8	454.0	10.2
29	1	1459.1b	6202.1ab	8003.1a	6666.1a	6492.1ab	5280.9a	5984.0a	5595.8a	5710.1	3732.3	23.1
	2	705.7e	2296.2b	1415.8d	2000.3c	1945.0c	2952.5a	2929.5a	1827.6c	2009.1	290.1	14.9
	3	329.0bc	656.8a	504.8ab	537.0ab	453.7abc	328.8bc	452.1abc	193.3c	431.9	284.9	23.3
36	1	4121.0b	14311.0a	9410.0ab	5978.7b	10483.1ab	8881.4ab	15003.2a	9439.1ab	9703.4	7066.4	25.7
	2	1398.0d	2617.8bc	2282.0c	2540.0bc	3041.2b	4673.7a	4438.4a	2283.7c	2909.4	566.4	17.8
	3	789.7ab	513.6bcd	974.1a	713.6abc	493.0bcd	422.9cd	701.2abc	282.4d	611.3	306.9	17.7
43	1	2066.0b	11535.0ab	7825.2ab	15911.3ab	13796.1ab	17566.5ab	22531.5a	9782.9ab	12626.5	15518	38.4
	2	1465.0d	3043.0bc	2715.3c	2642.0c	3005.7bc	3744.9ab	4449.3a	2460.4c	2940.7	848.1	10.2
	3	834.1abc	888.8ab	1229.9a	930.7ab	563.0bc	536.5bc	831.2abc	401.3c	776.9	448.0	20.4
50	1	2572.0b	14724.1a	9907.2a	10004.2a	11985.1a	15300.0a	14004.7a	12551.7a	11381.7	6708.0	20.8
	2	1646.0d	3805.8ab	3777.8ab	3055.5bc	3940.7a	4048.9a	4557.3a	2677.8c	3438.7	853.1	18.8
	3	930.9ab	1254.7a	857.1ab	1263.2a	659.7b	662.7b	1231.5a	580.8b	930.0	503.5	19.2
57	1	3461.0d	13015.0a	10132.0bc	8274.7c	12122.2ab	11085.1ab	12453.6ab	12314.7ab	10357.2	2422.0	8.3
	2	1443.9e	3712.1cd	3759.7cd	5220.8b	3978.4c	5346.2ab	6110.3a	3069.4d	4080.1	860.8	17.3
	3	1168.3b	1529.0a	447.2d	1504.8a	772.3c	830.9c	1758.9a	750.1c	1095.2	261.6	8.5
64	1	3955.0d	13871.1ab	10729.0bc	9381.3c	12955.6ab	14578.0a	13907.3ab	13720.1ab	11642.0	3572.9	10.8
	2	2154.9d	6824.8b	6039.1b	6468.0b	6338.1b	4221.7c	9125.5a	4639.7c	5726.5	848.1	12.3
	3	884.1c	1728.0ab	1225.3bc	1867.5a	1337.3bc	1044.5c	2111.5a	985.3c	1398.0	518.7	13.1
71	1	4584.0b	16298.0a	12693.0ab	9616.4ab	14026.0ab	16295.4a	15428.0ab	17482.0a	13302.7	11702	28.1
	2	3452.0f	4830.0e	6411.0d	7617.0bc	6996.0dc	9156.0a	8340.0ab	5224.0e	6503.3	1130.7	16.2
	3	1643.5abc	2301.3abc	2513.1ab	2597.1ab	1362.7bc	1445.3bc	2716.0a	1222.9c	1975.2	1268.1	22.7
78	1	6249.0c	17803.0ab	15510.0abc	10533.0bc	15932.7abc	22280.0a	18246.2ab	19909.7ab	15807.7	9836.0	22.0
	2	3565.0f	5201.0e	8699.0c	97302.0b	6061.0d	12545.3a	9898.0b	5490.0de	7647.4	832.2	21.8
	3	2752.0bc	4743.5a	2653.1bc	2727.2bc	1311.6c	1921.9c	3761.1ab	1796.8c	2708.4	1833.0	23.9
85	1	10983.0c	22144.0ab	22134.0ab	12333.1bc	21525.1ab	15411abc	22325.1ab	24406.0a	18907.6	10233	19.1
	2	2023.0e	5832.0c	6067.0bc	5613.0c	4154.0d	7053.0ab	7665.0a	6711.0abc	5639.7	1130.7	16.9
	3	2885.3bc	5043.5a	2953.1bc	2860.5bc	1711.6c	2155.2c	3961.1	2463.5bc	3004.2	1628.9	19.2

F=Fecha de muestreo (Días), E=Época (1: lluvia de junio-octubre 2018), (2: nortes de noviembre 2018-febrero 2019), (3: sequía de marzo-mayo de 2019), FM1=00-00-00, FM2=100-00-00, FM3=140-20-00, FM4=180-40-20, FM5=200-00-00, FM6=240-40-20, FM7=260-60-40, FM8=300-00-00 de NPK, X=Valor promedio, DHS=Diferencia honesta significativa (Tukey, P≤0.05), CV=Coeficiente de variación (%).

Es de destacar que en el pasto Guinea *Megathyrsus maximum* cv. Mombasa se ha encontrado que la producción de materia seca total aumenta con la edad de la planta, hasta un cierto límite, situación que se explica porque el vegetal incrementa área foliar y procesos fotosintéticos, genera con ello una mayor síntesis de carbohidratos estructurales, lo que se refleja en una mayor acumulación de materia seca (MS) (Verdecia *et al.*, 2015).

En época de nortes la producción de materia seca (MS) de *Megathyrsus maximum* se incrementó por efecto de la fertilización (Cuadro 5), del día 22 hasta el 85 destacaron las fórmulas 240-40-20 y 260-60-40 de NPK, con excepción de los días 64 y 78, donde la presencia de vientos fuertes originó acame de plantas (inclinación del tallo de las plantas por acción del viento o que ha alcanzado su madurez y no se le corta) y las tendencias anteriores se modificaron; en general dichas fórmulas ternarias superaron al testigo en producción de materia seca.

A los 43 días de muestreo en pasto Mombasa en nortes el rendimiento fue de 3,744 y 4,449 kg ha⁻¹ de materia seca con las fórmulas 240-40-20 y 260-60-40, respectivamente (Cuadro 5), se verifica este periodo porque en un ensayo hecho en *Megathyrsus maximum* en Venezuela (2,450 mm de lluvia y temperatura media de 26.5 °C), se determinó un rendimiento de 4,376 y 5,097 kg MS ha⁻¹ para los días 35 y 42, y se recomendó cortar el pasto a los 42 días de rebrote para alimentación animal (Homen *et al.*, 2010).

En pasto Mombasa se reportó que, a mayor intervalo de corte, aumenta la altura de la planta y la acumulación de forraje, atribuido a una elevada presencia de tallos y material muerto, modificando la relación hoja-tallo en el pasto, pudiendo

afectarse la eficiencia en el uso de la pradera por parte de los animales (Ramírez *et al.*, 2009).

La mayor producción de materia seca en nortes ocurrió en el día 78 con 12,545 kg MS ha⁻¹ (240-40-20) y en el día 85 se contabilizaron 7,665 y 7,053 kg MS ha⁻¹ al usar las fórmulas 260-60-40 y 240-40-20 de N-P-K, respectivamente (Cuadro 5). La disminución de MS en el día 85, respecto al día 78, se explica por una alta cantidad de material senescente que favoreció la proporción de tallos con relación a hojas.

En época de sequía el rendimiento de materia seca disminuyó en un 80 % con relación a lluvias y nortes, en sequía se alcanzó un máximo de 5,043 kg MS ha⁻¹ con la fórmula de fertilización 100-00-00, esto representa una disminución cercana a 80 % con relación al máximo rendimiento obtenido en lluvias, y es un 34.1 % menor si se considera la mayor cantidad de MS que se observó en nortes.

Finalmente, existió un mayor rendimiento de MS en lluvias que en nortes y sequía, ya que en las dos últimas hubo una escasez de humedad edáfica. Reforzando esta idea, en Brasil, al aplicar en pasto Mombasa 200 kg de N ha⁻¹ por mes tuvieron rendimientos de 9,135, 13,315, 11,405 y 5,220 kg MS ha⁻¹ para las estaciones primavera, verano, otoño e invierno, respectivamente (Shintate *et al.*, 2019).

Herrera (2020) señaló que, si disminuye la precipitación y baja la duración e intensidad de la luz, disminuirá el rendimiento forrajero en gramíneas, asociado con una menor síntesis de energía y metabolitos destinados a producir biomasa.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La mayor producción de materia seca (MS) en pasto Guinea (*Megathyrus maximus* cv. Mombasa) ocurrió en lluvias (10,734.5 kg ha⁻¹) con relación a la época de nortes (3,881.9 kg ha⁻¹) y a la época de sequía (1,226.4 kg ha).

La fertilización con las dosis 260-60-40, 240-40-20 y 300-00-00 de N, P₂O₅, K₂O promovieron el crecimiento de pasto Mombasa y generaron rendimientos altos en materia seca (MS), altura de planta (AP), clorofila en hojas (C) y tallos por metro cuadrado (NT) en las épocas de lluvias, nortes y sequía en que se desarrolló el estudio.

La concentración de clorofila en hojas (unidades SPAD) en pasto Mombasa varió entre épocas del año, encontrándose valores más altos en las épocas de lluvias y de nortes y los más bajos ocurrieron en condiciones de sequía.

Se recomienda evaluar las relaciones suelo-ambiente-planta por lapsos mayores de tiempo para conocer a detalle el rendimiento productivo agronómico de *Megathyrus maximus* en condiciones de clima tropical húmedo en la zona de Loma Bonita, Oaxaca, México.

De experiencia recabada, a manera personal, con técnicos praticultores y ganaderos en la zona, coinciden en que las praderas y pastizales de la Cuenca del Papaloapan presentan *baja* productividad por 3 razones, a) siembra de pastos en *ambientes no aptos*, b) deficiente *fertilización* durante la etapa productiva y, c) *inapropiadas* prácticas de corte o pastoreo.

8. LITERATURA CITADA

- Álvarez P. G. R., Vargas B. J. C., Franco C. F. J., Álvarez P. P. E., Samaniego A. M. C., Moreno M. P. A., Chacón M. E., García M. A. R., Arana M. R. S., Ramírez de la R. J. L. 2016. Rendimiento y calidad del pasto *Megathyrus maximus* fertilizado con residuos líquidos de cerdo. Revista Electrónica de Veterinaria. 17(6):1-9.
- Benabderrahim M. A., and Elfalleh W. 2021. Forage potential of non-native Guinea grass in North African Agroecosystems: Genetic, Agronomic, and Adaptative Traits. Agronomy. 11, 1071.
- Bernal E., J. 2003. Pastos y forrajes tropicales, producción y manejo. Banco ganadero. Cuarta edición. Bogotá. pp. 417-421.
- Bidwell, R.G.S. 1990. Fisiología Vegetal. Primera Edición. Ed. A.G.T. México, D.F. 784 pp.
- Calderón M. y González P. J. 2007. Respuesta del pasto guinea (*Panicum maximum*, cv. Likoni) cultivado en suelo ferralítico rojo lixiviado a la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares. Cultivos Tropicales. 28(3):33-37.
- Carvajal-Tapia J. I., Morales-Velasco S., Villegas D. M., Arango J., Vivas Q., N. J. 2021. Biological nitrification inhibition and forage productivity of *Megathyrus maximus* in Colombian dry tropics. Plant, soil and Environment. 67(5):270-277.

- Cerdas R. y Vallejos E. 2011. Disponibilidad de biomasa del pasto Guinea (*Megathyrus maximus*) Tanzania con varias fuentes y dosis de nitrógeno en Guanacaste, Costa Rica. *Intersedes*. 12(23):32-44.
- Costa de L. N., Townsend C. R., Dos Santos F. F. H., Magalhaes A. J., De Seixas S. F. J. 2017. Productividade de forragem e morfogenese de *Megathyrus maximus* cv. Mombaca sob níveis de desfolhacao. *PUBVET*. 11(4):409-414.
- Cruz L. P. I., Hernández G. A., Enríquez Q. J. F., Mendoza P. S. I., Quero C. A. R., Joaquín T. B. M. 2011. Desempeño agronómico de genotipos de *Brachiaria humidicola* Rendle Schweickt en el trópico húmedo de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 32(2):123-131.
- da Silva, J. M. C., de Carvalho, P. F. A., de Queiroz, D. M., Sena, J. D. G., Terra, S. N. 2013. Utilizacao de um clorofilometro portátil na deteccao do teor de nitrógenio em *Brachiaria decumbens*. *Engenharia na agricultura vicosa-MG*. 21(4):340-350. DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v21i4.350>
- Diaz S. A. K., Soares B. M. F., Alves E. A., Gomes da C. P., Mansur M. A., Araújo de C. G. 2016. Uso do clorofilómetro no manejo da adubacao nitrogenada do capim marandu e do capim mombaca. *Publicacoes em Medicina Veterinaria e Zootecnia*. 10(11):844-854.
- Ellis E. A., Martínez B. M. 2010. Vegetación y uso de suelo. Disponible en: <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/9654/08VEGETACION.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Consultado el 20 de julio de 2019.

- Fernández T. 2010. Propiedades y beneficios de la clorofila. Disponible en: <https://www.vix.com/es/imj/salud/2010/04/19/propiedades-y-beneficios-de-la-clorofila>. Consultado el 15 de Mayo de 2021.
- Fortes D., García C. R., Cruz A. M., García M., Romero A. 2014. Comportamiento morfoagronómico de tres variedades forrajeras de *Megathyrsus maximus* en el periodo lluvioso. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 48(3):293-296.
- Gomide M. C. A., Gomide J. A., Alexandrino E. 2003. Índices morfogénicos e de crescimento durante o estabelecimento e a rebrotacao do Capim-Mombasa (*Panicum maximum* Jacq.). Revista Brasileira de Zootecnia. 32(4):795-803.
- Hare M. D., Phengphet S., Songsiri T., Sutin N. 2015. Effect of nitrogen on yield and quality of *Panicum maximum* cvv. Mombasa and Tanzania in Northeast Thailand. Tropical Grasslands 3:27-33.
- Herazo Q. R. R y Morelo P. C. M. 2008. Evaluación del crecimiento vegetativo, rendimiento y calidad del cultivo de pasto guinea mombaza (*Panicum maximum*, Jacq) bajo cuatro fuentes de abonamientos en la finca Pekin, Municipio de Sincé, Sucre-Colombia. Universidad de Sucre. Col. 83 p. <https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/handle/001/430/633.202H531.pdf?sequence=2&isAllowed=y> Consultado el 7 de Febrero de 2021.
- Hernández, M y Guenni, O. 2008. Producción de biomasa y calidad nutricional del estrato graminoide en un sistema silvopastoril dominado por samán (*Samanea saman* (Jacq) Merr). Zootecnia Tropical 26(4):439-453.

- Herrera, R. S. 2020. Relación entre los elementos climáticos y el comportamiento de los pastos y forrajes en Cuba. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 24(2):23-38.
- Homen, M., Entrena, I., Arriojas L., Ramia M. 2010. Biomasa y valor nutritivo del pasto Guinea *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B. K. Simon & S. W. L. Jacobs. 'Gamelote' en diferentes períodos del año en la zona de bosque húmedo tropical Barlovento, estado Miranda. *Zootecnia Tropical*. 28(2):255-265.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 2004. Síntesis de información geográfica del Estado de Oaxaca. Aguascalientes, México. 166 pp.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 2005. Cuaderno estadístico municipal de Loma Bonita, Estado de Oaxaca. Aguascalientes, México. 170 p.
- Jank L. 1995. Melhoramento e seleção de variedades de *Panicum maximum*. Anais do 12 Simpósio sobre Manejo da Pastagem. FEALD. Ed. Peixoto, A.M.; De Moura, J.C.; y De Faria, U.P.C.P. 329, A.V. Carlos Botelho, 1025, 13400-970, Piracicaba, SP. Brasil. pp 21-58.
- Joaquín T. B. M., Joaquín C. S., Hernández G. A., Pérez P. J. 2009. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de semilla de pasto guinea. *Técnica Pecuaria en México*. 47(1):69-78.

- Joaquín, T. B. M., Gómez V. A., Ramos J. J. A., Aranda I. E. M., Pérez A. J. A., Joaquín C. S. 2020. Rendimiento y calidad de semilla de pasto guinea cv. Mombaza a diferentes fechas de precorte. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. pub. esp.* 24:201-210.
- Márquez C. S. 2014. Evaluación de diferentes frecuencias de corte a una altura de 40 cm en pasto guinea mombaza (*Panicum maximum*, Jacq), en condiciones de sol y sombra natural influenciada por el dosel del árbol de campano (*Pithecellobium saman*) en la época de sequía, en el municipio de Sampués, Sucre. Trabajo de grado para optar al título de Zootecnista. Universidad de Sucre. Sincelejo, Sucre, Colombia. 100 p.
- Méndez-Martínez Y., Reyes-Pérez J. J., Luna-Murillo R. A., Verdecia D. M., Rivero-Herrada M., Montenegro Vivas L. B., Herrera R. S. 2019. Yield components and bromatological composition of three *Megathyrsus maximus* cultivars in Guayas area, Ecuador. *Cuban Journal of Agricultural Science.* 53(4):437-446.
- Merino L. 2008. Conservación comunitaria en la Cuenca alta del Papaloapan, Sierra Norte de Oaxaca. *Nueva Antropología.* 21(68):37-49.
- Miranda-Vidal J. F., Barba-Macías E., Trinidad-Ocaña C., Juárez-Flores J. 2016. Diversidad de crustáceos en la cuenca baja del río Papaloapan, Veracruz, México. *Hidrobiológica.* 26(3):475-482.
- Molina, I. C., Donneys, G., Montoya, S., Rivera, J. E., Villegas, G., Chará, J., Barahona, R. 2015. La inclusión de *Leucaena leucocephala* reduce la

producción de metano de terneras Lucerna alimentadas con *Cynodon plectostachyus* y *Megathyrus maximus*. Livestock Research for Rural Development. 27(5). Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd27/5/moli27096.html> Consultado en abril de 2021.

Munari E. C., Pietroski M., Prado M. R., Silva C. C. N., Caione G. 2017. Effect of nitrogen fertilization on productivity and quality of Mombasa forage (*Megathyrus maximum* cv. Mombasa). Acta Agronómica. 66(1):42-48.

Muñoz G. F., Rodríguez D. R., Bravo Q. F., Aguilar C.F., Valdiviezo G. R. 2007. Guía para cultivar pastos forrajeros. Instituto de Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX). 34 p.

Ortega A. C., Lemus F. C., Bugarín P. J., Alejo S. G., Ramos Q. A., Grageola N. O., Bonilla C. J. 2015. Características agronómicas, composición bromatológica, digestibilidad y consumo animal en cuatro especies de los géneros *Brachiaria* y *Panicum*. Tropical and Subtropical Agroecosystems 18:291-301.

Osuna D., Urdaneta M., Casanova A., Ventura M., González C., and Rincón E. 1991. Evaluación del pasto guinea (*Panicum maximun* Jacq), bajo diferentes niveles de carga y de suplementación alimenticia. Revista de Agronomía. 8:49-59.

Pacheco H. A., Garay M. J., Granados R. L., Bautista M. Y., Joaquín T. B., Limas M. A., Joaquín C. S. 2020. Dinámica de ahijamiento de *Megathyrus*

maximus CV. Tanzania cosechado a diferente edad de rebrote. Ciencia e innovación. 3(1):23-31.

Patiño P. R. M., Gómez S. R., Navarro M. O. A. 2018. Calidad nutricional de Mombasa y Tanzania (*Megathyrsus maximus*, Jacq.) manejados a diferentes frecuencias y alturas de corte en Sucre, Colombia. CES Medicina Veterinaria y Zootecnia. pp 17-30.

Ramírez R. O., Hernández G. A., Carneiro da Silva S., Pérez P. J., Enríquez Q. J., Quero C. A., Herrera H. J., Cervantes N. A. 2009. Acumulación de forraje, crecimiento y características estructurales del pasto Mombaza (*Panicum maximum* Jacq.) cosechado a diferentes intervalos de corte. Técnica Pecuaria en México. 47(2):203-213.

Rincón C. A. y Ligarreto G. A. 2010. Relación entre nitrógeno foliar y el contenido de clorofila, en maíz asociado con pastos en el Piedemonte Llanero colombiano. Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 11(2):122-128.

Rincón C. A., Álvarez de L. M., Pardo B. O., Amaya M. A., Díaz G. R. A. 2019. Estimación de la concentración de clorofila y su relación con la concentración de proteína cruda en tres especies del pasto *Urochloa* en el Piedemonte Llanero, Colombia. Forrajes Tropicales. 7(5):533-537.

Rodríguez-Carrasquel S. 1983. Pastos guinea, y aragua, capim melao, cadillo bobo, angleton, pangola, barrera, ruzi, bermuda, estrella africana, estrella de Puerto Rico. Disponible en:

http://www.toroscoleados.com/tema_detalle.php?foro=1&tema=2344

Consultado el 20 de mayo de 2021.

Ruiz S. F. L., Ruiz V. J. A., Hernández B. J. A., García J. R., Valadez V. A. 2019.

Extracción y cuantificación de clorofila en hojas comestibles del estado de Tabasco. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 4:891-896.

Sánchez H. M. A., Morales T. G., Acevedo G. R., Vergara R. B., Murillo H. A. R.,

Hernández S. S. 2019. Sistema agrosilvopastoril como alternativa productiva en condiciones del trópico húmedo de México. pp. 162-170. En: *Construcción de conocimiento multidisciplinario a partir de la educación y el emprendimiento*. López A. B., Damián S. J., Garza V. F., Rosales B. J. A., García B. R. (eds.). Universidad del Papaloapan, Oaxaca, México.

SAS. 2013. *Statistical Analysis System. Base SAS® 9.4 Procedures Guide:*

Statistical procedures. Second edition. SAS Institute Inc. Cary NC, USA. 550 p.

Schnellmann L. P., Verdoljak J. J. O., Bernardis A., Martínez G. J. C., Castillo R.

S. P., Limas M. A. G. 2020. Frecuencia y altura de corte sobre la calidad del *Megathyrsus maximus* (cv. Gatton panic). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 21(3):e1402. DOI:

https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1402

- Shelton, H. M., Lowry, J. B., Gutteridge, R. C., Bray, R. A., & Wildin, J. H. 1991. Sustaining productive pastures in the tropics. 7. Tree and shrub legumes in improved pastures. *Tropical Grasslands*, 25(2):119-128.
- Shintate G. F., Buzetti S., Carvalho M., Teixeira F. M., Dupas E., Ziolkowski L. M. G. 2017. Application of different nitrogen doses to increase nitrogen efficiency in Mombasa guinegrass (*Panicum maximum* cv. Mombasa) at dry and rainy seasons. *Australian Journal of Crop Science*. 11(12):1657-1664.
- Shintate G. F., Buzetti S., Carvalho M., Teixeira F. M., Dupas E. 2019. Rates and sources of nitrogen fertilizer application on yield and quality of *Panicum maximum* cv. Mombasa. *IDESIA*. 37(2):67-73.
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Consultado en agosto de 2019.
- Silveira J. O., Clementino dos S. A., Dias R. M. O., Dias R. M. O, Martins A. N. 2017. Productivity efficiency of mombasa grass in silvopastoral system under pasture deferment and nitrogen fertilizer. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina. 38(5):3307-3318.
- Taiz L. y Zeiger E. C. 2006. Fisiología vegetal. Ed. Universitat Jaume-I. Traducción de Plant physiology, 3rd. Edition. 580 p.

- Torres G. A., Héctor A. E. F., Cué G. J. L., Cevallos V. M. 2018. Fisiología vegetal Volumen I: Nutrición hídrica y mineral de las plantas. Ed. Universidad Técnica de Manabí. Manabí, Ecuador. 247 p.
- Tovar N. C. L. 2016. Variables morfológicas y de composición nutricional en dos cultivares del pasto *Megathyrsus maximus*, Jacq sometido a una altura y diferentes frecuencias de corte e intensidad lumínica en condiciones de sabanas de Sucre, Colombia. Programa de Zootecnia. Universidad de Sucre. Colombia. Disponible en: <https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/handle/001/552/TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Consultado en Junio de 2021.
- Ventura R. J., Santiago O. M. A., Barrera M. I., Álvarez V. P., Carrillo L. P., Honorato S. J. A. 2021. Caracterización del pasto mombaza como materia prima para producir bioetanol. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 12(2):235-246.
- Verdecia D. M., Ramírez J. L., Leonard I., Yoandris P., López Y. 2008. Rendimiento y componentes del valor nutritivo del *Panicum maximum* cv. Tanzania. Revista Electrónica de Veterinaria. 9(5):1-9. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63611397008.pdf> Consultado en enero de 2021.
- Verdecia D. M., Herrera R. S., Ramírez J. L., Acosta I. L., Uvidia H., Álvarez Y., Paumier M., Arceo Y., Santana A., Almanza D. 2015. Potencialidades

agroproductivas de dos cultivares de *Megathyrsus maximus* en la región Oriental de Cuba. Revista Electrónica de Veterinaria. 16(11):1-9.

Villamizar C. I. y Salgado G. S. 2011. Evaluación de diferentes frecuencias de corte a una altura de 30 cm en pasto guinea mombaza (*Panicum maximum*, Jacq), en condiciones de sol y sombra natural influenciada por el dosel del árbol de campano (*Pithecellobium saman*) en el municipio de Sampués, Sucre. Programa de Zootecnia. Universidad de Sucre. 101 p. Disponible en: <https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/handle/001/587/T633.208%20%20V715.pdf?sequence=1> Consultado en Junio de 2021.