



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

Campus Loma Bonita

LICENCIATURA EN ZOOTECNIA

RENDIMIENTO DE PASTO GUINEA (*Megathyrsus maximus*
(Jacq.) Simon & Jacobs) EN FUNCIÓN DE FERTILIZACIÓN
NITROGENADA EN ÉPOCA DE SEQUÍAS Y LLUVIA EN EL
TRÓPICO HÚMEDO MEXICANO

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN ZOOTECNIA

PRESENTA:

ANDRÉS RODRÍGUEZ MORALES

DIRECTOR:

DR. MIGUEL ANGEL SÁNCHEZ HERNÁNDEZ

LOMA BONITA, OAXACA, MÉXICO. 2023



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN
Campus Loma Bonita
LICENCIATURA EN ZOOTECNIA

LA PRESENTE TESIS TITULADA "RENDIMIENTO DE PASTO GUINEA (*Megathyrsus maximus* (Jacq.) Simón & Jacobs) EN FUNCIÓN DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN ÉPOCA DE SEQUÍAS Y LLUVIA EN EL TRÓPICO HÚMEDO MEXICANO", PRESENTADA POR EL PASANTE ANDRÉS RODRÍGUEZ MORALES, BAJO LA DIRECCIÓN DEL DR. MIGUEL ANGEL SÁNCHEZ HERNÁNDEZ, HA SIDO REVISADA Y ACEPTADA POR EL JURADO REVISOR, COMO UN REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN ZOOTECNIA.

JURADO REVISOR

DR. MIGUEL ANGEL SÁNCHEZ HERNÁNDEZ

DIRECTOR

DR. JOSE ANGEL RUEDA BARRIENTOS

REVISOR

M.C. JULIÁN COTERA RIVERA

REVISOR

LOMA BONITA, OAXACA, MÉXICO. 2023



Universidad del Papaloapan

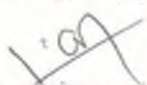
FECHA:	30 de Junio del 2023
AREA:	Vice-Rectoría Académica
OFICIO NÚMERO:	UNPA/VRA/175/2023
ASUNTO:	Autorización de Impresión de tesis.

C. ANDRES RODRIGUEZ MORALES
P R E S E N T E:

En base al artículo 120 del reglamento de alumnos, por medio de la presente se aprueba la impresión de la tesis titulada **“Rendimiento de pasto guinea (*Megathyrus maximus* (Jacq.) Simón & Jacobs) en función de fertilización nitrogenada en época de sequías y lluvia en el trópico húmedo mexicano”** 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. Directora de Tesis.
C.c.p. Archivo.



Universidad del Papaloapan

Terra Uberrima. Mens Agere

Licenciatura en Zootecnia

Oficio número JCLZ/66/2023

Asunto: Asignación de jurado de examen profesional

Loma Bonita, Oaxaca a 27 de junio del 2023

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 del egresado C. Andrés Rodríguez Morales, quien defenderá su trabajo de tesis titulado "Rendimiento de pasto guinea (*Megathyrus maximus* (Jacq.) Simon & Jacobs) en función de fertilización nitrogenada en época de sequías y lluvia en el trópico húmedo mexicano", para obtener el título de Licenciado en Zootecnia.

Titulares:

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

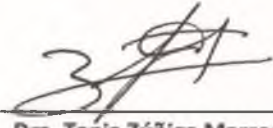
Suplentes:


Dra. Gladis Morales Terán
M.C. Carlos Iván Medel Contreras


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



Atentamente


Dra. Tania Zúñiga Marroquín
Jefa de Carrera de Lic. en Zootecnia


M.C. Héctor López Arjona
Vice-rector Académico


LICENCIATURA EN ZOOTECNIA

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

DEDICATORIA

Lo dedico a mi Madre por haberme tenido la suficiente paciencia durante mis estudios.

A mis maestros que confiaron en mí. Sobre todo por haberme dedicado tiempo para mi formación académica.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios por el conocimiento obtenido durante mi proceso de aprendizaje en la Universidad del Papaloapan.

A la Universidad por darme la oportunidad de ser parte del alumnado y a mis maestros por su tiempo brindado durante mi carrera.

Dar gracias a mi Madre y hermanos por su apoyo y comprensión durante mi carrera.

Compañeros con los que aprendimos a salir adelante en las buenas circunstancias, así como también en las malas.

Agradezco a mi director de tesis y a los revisores por el tiempo para con mi trabajo de titulación.

A los alumnos de la institución que me apoyaron en trabajo de campo.

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE DE CUADROS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo general.....	4
2.2. Objetivos específicos.....	4
3. HIPÓTESIS	5
4. REVISIÓN DE LITERATURA	6
4.1. Las gramíneas forrajeras en la producción animal.....	6
4.2. Origen de <i>Megathyrsus maximus</i>	7
4.3. Descripción botánica de <i>Megathyrsus maximus</i>	7
4.3.1. Raíz.....	9
4.3.2. Tallo.....	9
4.3.3. Hojas.....	10
4.3.4. Flores.....	10
4.3.5. Semillas.....	11
4.4. Ecología asociada a <i>Megathyrsus maximus</i>	12

4.5. Manejo agronómico de <i>Megathyrsus maximus</i>	12
4.5.1. Suelo.....	12
4.5.2. Preparación del suelo.....	12
4.5.3. Semilla para siembra.....	13
4.5.4. Espaciamiento de siembra.....	14
4.5.5. Época de siembra.....	14
4.5.6. Fertilización.....	14
4.5.7. Control de malezas.....	14
4.5.8. Control de plagas.....	14
4.5.9. Cosecha.....	15
4.5.10. Rendimiento.....	15
4.6. Nutrición mineral en la producción de gramíneas tropicales.....	15
4.7. Rendimiento de materia seca de <i>Megathyrsus maximus</i> en trópico húmedo en diferentes épocas del año.....	16
4.8. Contenido y aporte nutrimental de <i>Megathyrsus maximus</i>	17
4.9. Rendimiento de carne y leche utilizando <i>Megathyrsus maximus</i> en ganado rumiante producido en condiciones de trópico húmedo.....	18
5. MATERIALES Y MÉTODOS	19
5.1. Localización del área de estudio.....	19
5.2. Limpieza y acondicionamiento del terreno para siembra.....	19
5.3. Establecimiento de <i>Megathyrsus maximus</i>	19
5.4. Tratamientos de fertilización.....	20

5.5. Diseño experimental.....	20
5.6. Variables en estudio.....	20
5.6.1. Altura de planta (cm).....	20
5.6.2. Número de tallos por metro cuadrado.....	20
5.6.3. Diámetro de tallo (cm).....	21
5.6.4. Contenido de clorofila en las hojas (SPAD).....	21
5.6.5. Materia seca total MS (kg ha ⁻¹).....	21
5.6.6. Materia seca de hojas (kg ha ⁻¹).....	21
5.6.7. Materia seca de tallos (kg ha ⁻¹).....	21
5.6.8. Material muerto (kg ha ⁻¹).....	22
5.7. Análisis estadístico de la información.....	22
5.8. Condiciones climáticas durante el periodo experimental.....	22
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
6.1. Componentes de crecimiento.....	24
6.1.1. Altura de planta.....	24
6.1.2. Número de tallos por metro cuadrado.....	26
6.1.3. Contenido de clorofila en hojas	28
6.1.4. Diámetro de tallo.....	30
6.2. Componentes de rendimiento.....	31
6.2.1. Rendimiento de materia seca total.....	31
6.2.2. Rendimiento de materia seca de hojas.....	33
6.2.3. Rendimiento de materia seca de tallos.....	35
6.2.4. Material muerto.....	37

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
7.1. Conclusiones.....	40
7.2. Recomendaciones.....	41
8. LITERATURA CITADA	42

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Altura de planta (cm) en <i>Megathyrsus maximus</i> en función de fertilización nitrogenada en época seca y de lluvias en Loma Bonita, Oaxaca, México.....	25
2	Número de tallos por metro cuadrado en <i>Megathyrsus maximus</i> en función de fertilización nitrogenada en época seca y de lluvias en Loma Bonita, Oaxaca, México.....	27
3	Clorofila en hojas (SPAD) en <i>Megathyrsus maximus</i> en función de fertilización nitrogenada en época seca y de lluvias en Loma Bonita, Oaxaca, México.....	29
4	Diámetro de tallo (mm) en <i>Megathyrsus maximus</i> en función de fertilización nitrogenada en época seca y de lluvias en Loma Bonita, Oaxaca, México.....	30
5	Rendimiento de materia seca total (kg ha ⁻¹) en <i>Megathyrsus maximus</i> en función de fertilización nitrogenada en época seca y de lluvias en Loma Bonita, Oaxaca, México.....	32
6	Rendimiento de materia seca de hojas (kg ha ⁻¹) en <i>Megathyrsus maximus</i> en función de fertilización nitrogenada en época seca y de lluvias en Loma Bonita, Oaxaca, México.....	34

Cuadro		Página
7	Rendimiento de materia seca de tallos (kg ha ⁻¹) en <i>Megathyrsus maximus</i> en función de fertilización nitrogenada en época seca y de lluvias en Loma Bonita, Oaxaca, México....	36
8	Material muerto (kg ha ⁻¹) en <i>Megathyrsus maximus</i> en función de fertilización nitrogenada en época seca y de lluvias en Loma Bonita, Oaxaca, México.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Plantas de <i>Megathyrsus maximus</i> en Loma Bonita, Oaxaca, México.....	8
2	Sistema de raíces fibroso característico de <i>Megathyrsus maximus</i>	9
3	Tallos de <i>Megathyrsus maximus</i> en Loma Bonita, Oaxaca, México.....	9
4	Hojas de <i>Megathyrsus maximus</i> y determinación de clorofila en Loma Bonita, Oaxaca, México.....	10
5	Estructura floral (panícula) de <i>Megathyrsus maximus</i> en Loma Bonita, Oaxaca, México.....	11
6	Semillas de <i>Megathyrsus maximus</i> en Loma Bonita, Oaxaca, México.....	11
7	Temperatura mínima, promedio, máxima (°C), y precipitación (mm) de Loma Bonita, Oaxaca, México. 2021 a 2022 (FAM, 2022).....	23

RESUMEN

La producción de forrajes para la alimentación del ganado rumiante es una actividad ampliamente difundida en la Cuenca baja del Papaloapan, la escasez de forrajes en la época seca hace que varíe de manera importante el rendimiento de materia seca (MS) de *Megathyrus maximus* con relación a lluvias. Se efectuó un estudio para determinar el rendimiento de materia seca de esta gramínea al adicionar diferentes dosis de fertilización nitrogenada en época seca y de lluvias. Se trabajó en terrenos de la Posta Zootécnica de la Universidad del Papaloapan en Loma Bonita, Oaxaca, México. Se ensayaron las dosis: D1=00, D2=100, D3=150, D4=200, D5=250, D6=300 Unidades de N ha⁻¹. El diseño experimental fue bloques al azar con seis tratamientos de fertilización y cuatro repeticiones. Las variables en estudio fueron altura de planta (cm), número de tallos por metro cuadrado, diámetro de tallo (cm), clorofila en hojas (SPAD), materia seca total, MS de hojas, MS de tallos y material muerto o senescente (kg ha⁻¹). La información se sometió a un análisis de varianza y prueba de comparación de medias por Tukey ($P \leq 0.05$). Los resultados indicaron que el pasto Guinea en producción de materia seca total en la época seca, obtuvo diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) en los tratamientos en 15, 30, 45 y 60 días después de efectuar el corte de uniformidad. En lluvias solo existieron diferencias estadísticas en el muestreo a los 30 días. El mejor rendimiento de materia seca total analizada de manera promedio en las dos épocas del año fue con la dosis de 200 Unidades de N ha⁻¹ con una producción de 3,398 kg ha⁻¹; es decir, superó en 17.0 % lo obtenido en el tratamiento testigo sin fertilización.

Palabras clave: Pasto Guinea, Fertilización Nitrogenada, Materia Seca, Trópico húmedo.

ABSTRACT

The production of forages for feeding ruminant cattle is a widely spread activity in the lower Papaloapan Basin, the scarcity of forages in the dry season causes the dry matter (DM) yield of *Megathyrsus maximus* to vary significantly in relation to rains. A study was carried out to determine the dry matter yield of this grass by adding different doses of nitrogen fertilization in the dry and rainy seasons. Work was done on the grounds of the Zootechnical Post of the Universidad del Papaloapan in Loma Bonita, Oaxaca, Mexico. The doses were tested: D1=00, D2=100, D3=150, D4=200, D5=250, D6=300 Units of N ha⁻¹. The experimental design was randomized blocks with six fertilization treatments and four repetitions. The variables under study were plant height (cm), number of stems per square meter, stem diameter (cm), leaf chlorophyll (SPAD), total dry mater, leaf DM, stem DM, and dead or senescent material (kg ha⁻¹). The information was submitted to an analysis of variance and comparison of means test by Tukey ($P \leq 0.05$). The results indicated that the Guinea grass in total dry matter in the dry season, obtained significant statistical differences ($P \leq 0.05$) in the treatments at 15, 30, 45 and 60 days after making the uniformity cut. In rains there were only statistical differences in the sampling at 30 days. The best yield of total dry mater analyzed on average in the two seasons of the year was with the dose of 200 Units of N ha⁻¹ with a production of 3,398 kg ha⁻¹; that is, it exceeded by 17.0 % that was obtained in the control treatment without fertilization.

Keywords: Guinea grass, Nitrogen fertilization, Dry matter, Humid tropics.

1. INTRODUCCIÓN

La región Sureste de México se caracteriza por presentar un clima cálido húmedo, en donde la ganadería es una actividad productiva de importancia que contribuye a la alimentación de la población y es parte fundamental de la economía de muchas familias del medio rural (Casanova-Lugo *et al.*, 2022).

Velasco *et al.* (2018) indicaron que en los trópicos la producción animal es afectada por una distribución estacional de la lluvia a lo largo del año, aunado a la presencia de elevadas temperaturas que afectan de manera directa el rendimiento productivo de las plantas forrajeras.

Megathyrsus maximus se utiliza en los sistemas de producción ganadera por su alto potencial productivo, se trata de una gramínea que aporta hasta un 80 % de hojas que llegan a medir 3 cm de ancho (da Silva *et al.*, 2021). Su utilización se ha popularizado debido a su alta calidad nutricional y producción de biomasa en verde de 60 a 75 t ha⁻¹ por año y rendimientos de materia seca (MS) que van de 12 a 15 t ha⁻¹ por año (Heredia-Mendoza *et al.*, 2022), llegando a registrarse hasta 33 t MS ha⁻¹ por año (Galindo *et al.*, 2018).

La productividad de *Megathyrsus maximus* se puede incrementar haciendo un uso eficiente de la fertilización edáfica, especialmente con el elemento nitrógeno que influye sobre caracteres morfológicos como el número de tallos, área foliar, longitud de raíces, aparición y elongación de hojas (Garcez *et al.*, 2012).

Se ha visto la importancia de la fertilización nitrogenada en *Megathyrsus maximus*, ya que influye en su contenido nutrimental, Gurgel *et al.* (2021) al variar el contenido de nitrógeno de 100 a 300 Unidades N ha⁻¹ calcularon variantes en contenido de

proteína cruda (8.8-9.6 %), fibra detergente ácido (FDA) de 41 %, fibra detergente neutro (FDN) (74.7 a 75.2 %).

Por su parte, da Silva *et al.* (2021) cuantificaron el valor nutricional de *Megathyrsus maximus*, en un clima Aw de Brasil, a diferentes alturas de corte y fertilización nitrogenada (0, 100, 300 y 500 Unidades N ha⁻¹) en la época seca y de lluvias, concluyeron que para producir esta gramínea pueden utilizarse dosis de 300 Unidades de N ha⁻¹ en la época lluviosa.

En Guerrero, México, en un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano (temperatura promedio de 27 °C, 1097 mm de lluvia y 40 msnm) se realizó un estudio en Pasto Guinea durante la época seca y de lluvias con el objetivo de medir la acumulación de forraje, el crecimiento y características morfológicas en tres intervalos de corte (21, 35 y 42 días después del corte de uniformidad), se obtuvo a los 42 días del corte de uniformidad un rendimiento de materia seca de 24.3 t ha⁻¹ y una altura de planta de 111 cm, lo que indicó que la proporción morfológica (hojas, tallos y material muerto) fueron modificados por diferencias en los intervalos de corte (Ramírez *et al.*, 2009).

Eleuterio-Vásquez *et al.* (2020) en Loma Bonita, Oaxaca, determinaron el rendimiento de semilla de *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa en temporal, y cuando se usó una distancia de 25 x 25 cm y se fertilizó con la fórmula 100-50-50 de N, P y K, obtuvieron un rendimiento de semilla de 216.9 kg ha⁻¹, atribuido a que existió un incremento en el número de tallos y de panículas.

Para rendimiento de materia seca Sánchez-Hernández *et al.* (2019) al emplear fertilización mineral con nitrógeno en combinación con fósforo y potasio notaron que existió un incremento en la altura de las plantas, mejoraron tanto el contenido de

clorofila en hojas como el rendimiento de materia seca de *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa en época de lluvias en clima cálido húmedo de México.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Determinar el rendimiento de materia seca de *Megathyrsus maximus* por efecto de adicionar diferentes dosis de fertilización nitrogenada en época seca y de lluvias en condiciones de un clima cálido húmedo en México.

2.2. Objetivos específicos

Valorar los componentes asociados al crecimiento de *Megathyrsus maximus* en dos épocas del año (seca y lluvias), al utilizar diferentes dosis de fertilización nitrogenada.

Medir componentes de rendimiento como altura de planta (cm), número de tallos por metro cuadrado, diámetro de tallo (cm), contenido de clorofila en hojas (SPAD), materia seca total (kg ha^{-1}), materia seca de hojas (kg ha^{-1}), materia seca de tallos (kg ha^{-1}), material muerto (kg ha^{-1}) de *Megathyrsus maximus* en dos épocas del año, utilizando diferentes dosis de fertilización a base de nitrógeno en Loma Bonita, Oaxaca, México.

3. HIPÓTESIS

La adición de diferentes dosis de fertilización nitrogenada incide en un aumento del crecimiento del pasto *Megathyrsus maximus* e incrementa el rendimiento de materia seca producido en dos épocas del año (seca y lluvias) en condiciones de clima cálido húmedo de México.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Las gramíneas forrajeras en la producción animal

Las gramíneas forrajeras son relevantes debido a que ocupan el 26 % de la superficie terrestre en el mundo y hasta un 70 % de su superficie agrícola está cubierta por pastizales, lo que denota la importancia de los pastos en la alimentación del ganado y contribuye a la existencia de más de ochocientos millones de personas (León *et al.*, 2018).

La ganadería es una actividad económica de importancia en México, donde la alimentación de los animales se efectúa en pastoreo extensivo o en praderas establecidas en monocultivo, no obstante, existen factores como la época de seca que limita el crecimiento vegetativo de las gramíneas y afectan la productividad de leche y carne de los semovientes (Estrada *et al.*, 2018).

En regiones tropicales la alimentación del ganado rumiante puede hacerse mediante la utilización de los pastos llanero (*Andropogon gayanus*), estrella de África (*Cynodon nlemfuensis*) (Merchant-Fuentes y Solano-Vergara, 2016), bermuda (*Cynodon dactylon*), pastos del género *Urochloa* como señal (*Urochloa decumbens*) e insurgente (*Urochloa brizantha*) (Sánchez-Hernández *et al.*, 2019).

En México 108.9 millones de hectáreas se destinan a la alimentación animal de unas 32.6 millones de cabezas de ganado. Así, en las zonas tropicales húmedas y secas de México se llega a producir cerca del 40 % de la carne y 18 % de leche, se resalta el hecho de que la fuente principal de alimentación del ganado son los forrajes que se producen en pasturas y son aprovechados de manera directa por los animales (Enríquez *et al.*, 2021).

4.2. Origen de *Megathyrsus maximus*

Es una gramínea forrajera originaria de Tanzania África (Patiño *et al.*, 2018; Heredia-Mendoza *et al.*, 2022), aunque se ha indicado que son centros de origen países como Palestina y Yemen (Shyamashree & Mondal, 2019).

En la actualidad se encuentra ampliamente distribuido en países que presentan climas tropicales y subtropicales donde se registran temperaturas altas, localizándose en zonas diversas de África, Australia, Sudamérica, Islas Vírgenes, Hawái y en numerosas áreas tropicales (Al-Rifai y Abdul-Raza, 2019).

En Centroamérica, Sudamérica y el Caribe la introducción de *Megathyrsus maximus* pudo estar asociada con la trata de esclavos africanos, desde hace tiempo los ganaderos de tales regiones han hecho uso del pasto Guinea para alimentar al ganado rumiante (Hernández y García-Trujillo, 1978).

4.3. Descripción botánica de *Megathyrsus maximus*

Las gramíneas (*Poaceae*) son una familia de plantas herbáceas, que abarcan 700 géneros y 12 mil especies, al tratarse de plantas que aportan principalmente energía (León *et al.*, 2018). El pasto *M. maximus* cv. Mombasa fue liberado en el año de 1993 en Brasil a partir de trabajos efectuados en el Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte utilizándose para forraje o para pastoreo intensivo (García, 2008; Velasco *et al.*, 2018).

A continuación, se presenta la clasificación botánica de *Megathyrsus maximus* de acuerdo con Shyamashree & Mondal (2019).

Reino: Plantae

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: *Megathyrsus*

Especie: *maximus* (Jacq)

Nombre Binomial: *Megathyrsus maximus* (Jacq)

Nombre común: Pasto Guinea, Guinea grass.

Se presenta en forma de plantas muy desarrolladas o plantones (Figura 1) que pueden llegar a medir de 1 a 3 m de altura y en casos menos frecuentes hasta 4 m de altura (Hernández y García-Trujillo, 1978).



Figura 1. Plantas de *Megathyrsus maximus* en Loma Bonita, Oaxaca, México.

A continuación, se da la descripción morfológica de *Megathyrsus maximus*.

4.3.1. Raíz. Presenta un sistema amplio de raíces fibrosas., Shyamashree & Mondal (2019).



Figura 2. Sistema de raíces fibroso característico de *Megathyrsus maximus*.

4.3.2. Tallo. Es importante destacar que los tallos son erguidos (Figura 3) que sobresalen en la planta (Hernández y García Trujillo, 1978).



Figura 3. Tallos de *Megathyrsus maximus* en Loma Bonita, Oaxaca, México.

De acuerdo con (Shyamashree & Mondal, 2019), la planta presenta tallos que alcanzan de 0.5 a 4.5 metros de altura, dejando en claro que las características de

los tallos pueden ser variables, fuertes a débiles, ya sea lisos o con presencia de vellosidades.

4.3.3. Hojas. Se insertan en los tallos, son alternas y envainadoras, el tamaño de las hojas (Figura 4) puede ser de 30 a 90 cm de longitud y tener un ancho de 1 a 3.5 cm (Hernández y García-Trujillo, 1978; León *et al.*, 2018).



Figura 4. Hojas de *Megathyrus maximus* y determinación de Clorofila en Loma Bonita, Oaxaca, México.

4.3.4. Flores. Las flores se encuentran dispuestas en una inflorescencia compuesta que en términos botánicos se trata de una panícula que pueden llegar a medir entre 20 a 60 cm de longitud (Figura 5).

Las panículas presentan espiguillas que varían de 2.5 a 3.5 mm (Hernández y García-Trujillo, 1978; León *et al.*, 2018).



Figura 5. Estructura floral (panícula) de *Megathyrus maximus* en Loma Bonita, Oaxaca, México.

4.3.5. Semillas. Se forman por apomixis y no por vía sexual (León *et al.*, 2018). Se trata de semillas (Figura 6) de forma elíptica de 2 mm de longitud (Enríquez *et al.*, 2011). En el pasto Guinea cultivar Likoni producido en Cuba se estimó un rendimiento promedio de semilla por hectárea de 227.6 kg y en el cultivar Uganda se produjo un promedio de semilla que fue de 197.3 kg ha⁻¹ (Matías y Ritt, 1988).



Figura 6. Semillas de *Megathyrus maximus* en Loma Bonita, Oaxaca, México.

4.4. Ecología asociada a *Megathyrus maximus*

Requiere de climas cálido húmedos y crece bien a altitudes desde el nivel del mar hasta 1700-1800 msnm, siendo sensible al frío. Prospera en intervalos de temperatura de 15-35 °C y promedios de precipitación pluvial de 700 a 900 mm, crece bien en sitios abiertos, sombreados y en aquellos que se encuentran a orillas de los ríos. Es una especie que puede utilizarse en sistemas agroforestales, debido a su amplio sistema radicular soporta la época seca, no tolera la salinidad, se adapta a condiciones de acidez, drenaje pobre y fertilidad baja del suelo (León *et al.*, 2018; Shyamashree & Mondal, 2019).

4.5. Manejo agronómico de *Megathyrus maximus*

4.5.1. Suelo. Se adapta a diferentes tipos de suelos, prefiriéndose aquellos profundos de textura media o suelta y de mediana a alta fertilidad con buen drenaje. De manera particular se adapta a suelos de pH ácido comunes en las zonas tropicales (León *et al.*, 2018; Shyamashree & Mondal, 2019).

4.5.2. Preparación del suelo. Puede hacerse con tractor o mediante la utilización de herramientas manuales, en un inicio generalmente se eliminan las hierbas nocivas utilizando azadones, machetes o bieldos, lo que ayudará a conservar el agua en el suelo (Koech y Staline, 2021).

Por su parte, Enríquez *et al.* (2011) indicaron que si se va a utilizar semilla botánica es necesario proporcionarse una buena cama de siembra para que prospere, debiéndose de eliminar la vegetación nativa existente con el objetivo de favorecer el establecimiento del pasto, además recomendaron efectuar labores de labranza

como lo son: el chapeo, barbecho, rastreo del suelo y apertura de surcos u hoyos si el pasto se establece mediante cepas.

4.5.3. Semilla para siembra. Pueden utilizarse semillas o material vegetativo (propagación asexual), si se utilizan semillas se recomienda sembrar 2.5 a 3 kg de semillas en condiciones de invernadero por 20 a 25 días y después efectuar el trasplante en condiciones de campo, aunque se destaca que puede existir un porcentaje bajo de germinación de la semilla. Por lo anterior algunos ganaderos prefieren efectuar propagación vegetativa colocando de 25 a 66 mil brotes enraizados por hectárea a partir de campos ya establecidos con el pasto (Shyamashree & Mondal, 2019).

De acuerdo con León *et al.* (2018), las semillas recién cosechadas muestran latencia y solo se alcanza un 5 % de germinación, situación que mejora después de cinco meses de reposo de la semilla. De esta manera, si se utiliza semilla con un 20 % de germinación y pureza del 70 % en el sistema de voleo se usan 10 a 12 kg ha⁻¹. Mediante material vegetativo estos autores recomendaron un marco de plantación de 50 x 80 cm para usar un total de 15 m³ de cepas por hectárea.

Enríquez *et al.* (2011) recomendaron utilizar entre 5 a 7 kilogramos de semilla por hectárea cuando la siembra sea a espeque o mediante surcado, y si se utiliza el método al voleo la cantidad de semilla se incrementa y se necesitarán de 8 a 10 kg por hectárea, el tapado de la semilla deberá de considerar de 1 a 3 centímetros.

4.5.4. Espaciamiento de siembra. Las plántulas o macollos pueden colocarse a espaciamientos de 1 m x 0.5 m, 0.75 m x 0.30-0.40 cm o incluso a 0.6 m x 0.6 m. Otros autores han recomendado marcos de plantación de 1 m x 1 m o 2 m x 0.5 m. La profundidad de siembra puede ser de 2 a 3 centímetros (Shyamashree & Mondal, 2019).

4.5.5. Época de siembra. En la región Papaloapan se ha recomendado llevar a cabo el establecimiento de preferencia cuando la temporada de lluvias se encuentre en sus picos más altos, debiéndose de evitar la canícula o la seca intraestival (última semana de julio y agosto) (Enríquez *et al.*, 2011).

4.5.6. Fertilización. Se ha recomendado hacerla con 100 a 250 unidades de nitrógeno por hectárea (León *et al.*, 2018).

4.5.7. Control de malezas. Es importante que desde que se establezca la siembra y durante los primeros dos meses considerar el uso de herramientas manuales (Shyamashree & Mondal, 2019). León *et al.* (2018) recomendaron hacer un control de malezas dos veces durante el año para eliminar residuos toscos o fibrosos.

4.5.8. Control de plagas. Entre las plagas que deben de controlarse están las larvas de lepidópteros, chapulines que consumen el follaje y afectan el crecimiento y rebrote del pasto, en el caso de la mosca pinta o salivazo *Aeneolamia postica*, insecto que succiona la savia de las plantas, transfiere sustancias tóxicas

incidiendo de manera negativa en el crecimiento y en el valor nutritivo del forraje (Enríquez *et al.*, 2011), para su tratamiento se puede usar control biológico, cultural, legal o el control químico valiéndose de insecticidas.

4.5.9. Cosecha. Se aprovecha mediante pastoreo directo, o en el sistema de corte y acarreo, ya sea para hacer ensilados o henificado. Se dice que el pasto está listo cuando existe un balance entre calidad nutritiva y rendimiento en biomasa, pudiendo aprovecharse cuando alcanza 1.5 m de altura haciendo el corte a 15 o 20 cm sobre el nivel del suelo. El primer corte se puede hacer a los 60 a 65 días después de plantado y de manera subsecuente los cortes pueden efectuarse a intervalos que van de los 25 a los 30 días. Se indica que pueden hacerse entre seis y ocho cortes por año (Shyamashree & Mondal, 2019).

4.5.10. Rendimiento. En suelos ácidos los rendimientos potenciales de forraje verde del pasto pueden ser de 36.8 a 46.0 t ha⁻¹ por año (Shyamashree & Mondal, 2019). De acuerdo con León *et al.* (2018), en el cultivar Tanzania se han estimado rendimientos hasta de 70.0 t ha⁻¹ de forraje verde por hectárea con un contenido de proteína de 12 a 14 porciento.

4.6. Nutrición mineral en la producción de gramíneas tropicales

Debido a que en condiciones tropicales el pasto *M. maximus* que llega a rendir un promedio de 25.8 t de MS ha⁻¹ la extracción de nutrientes asciende a: (N=323), (P=49), (K=407), (Ca=167) y (Mg=111) kg de cada nutriente por hectárea

por año, por tal motivo es recomendable hacer aplicaciones que permitan corregir dichas extracciones de macronutrientes (Enríquez *et al.*, 2011).

Se ha estimado que la producción de forraje responde a la aplicación de nitrógeno y por cada kilogramo de N aplicado al suelo se generan 50 kg de materia seca. En el caso del fósforo su respuesta es mayor cuando los suelos son deficientes en el nutriente, en el caso particular de los suelos ácidos este elemento puede quedar adsorbido en el suelo y es por ello que el encalado ayudará a mejorar la disponibilidad de fósforo.

El potasio en general se ha encontrado que es poco deficiente en los suelos en México es por ello que existe poca respuesta a la aplicación de este nutriente en las praderas (Enríquez *et al.*, 2011).

4.7. Rendimiento de materia seca de *Megathyrus maximus* en trópico húmedo en diferentes épocas del año

En Cuba durante la época de lluvias se contabilizó un rendimiento de materia seca que varió de 7600 a 10,200 kg ha⁻¹ en dos años de evaluación, en ese estudio el rendimiento en hoja fue de 75.5 % y el de tallo alcanzó 24.5 % (Fortes *et al.*, 2014).

En otra evaluación efectuada en pasto Guinea cultivar Mombasa se aplicó un total de 320 kg de N por hectárea durante un año y se calculó un rendimiento de materia seca de 16,907 kg ha⁻¹ (Hare *et al.*, 2015).

Por su parte Ramírez *et al.* (2009) en clima tropical seco de Guerrero, México durante el periodo de lluvias, midió intervalos de corte entre tres y siete semanas en pasto Mombasa y obtuvieron un rendimiento en forraje que osciló entre 12,200 y 24,300 kg de materia seca por hectárea.

Con respecto a cuestiones productivas de *Megathyrsus maximus*, Milera-Rodríguez *et al.* (2017) encontraron rendimientos de 3844 a 7765 g por macollo, entre 9 y 16 % de proteína. Recomendaron establecer el pasto entre mayo y julio; de acuerdo con las temporadas del año indicaron que en lluvias se obtiene hasta un 70 % de la producción anual del forraje que genera dicha gramínea.

En otra experiencia se evaluó el comportamiento agronómico y la composición química de tres variedades de *Brachiarias* y *Megathyrsus maximus* en diferentes estados de madurez (25, 50 y 75 días) y se encontró que con respecto a *Megathyrsus maximus* la mayor producción de forraje fue con el cultivar Tanzania con 575.8 g m⁻² y la mayor altura de planta la obtuvieron con valores iguales en los cortes de 50 y 75 días con 142.6 y 146.3 cm, respectivamente (Pilco, 2017).

En un estudio realizado en Ecuador por Méndez-Martínez *et al.* (2020) en dos diferentes zonas se analizó el efecto climático en el rendimiento de tres variedades de *Megathyrsus maximus* (Común, Tanzania y Tobiata) se verificó que las mayores producciones de materia seca y biomasa en Tanzania se obtuvieron en la Comunidad “El Empalme”; por otra parte, el más alto contenido de proteína bruta (PB=12.5 %) para el cultivar Tanzania se tuvo en la región de “Guayas”, mientras que la mejor calidad se obtuvo cuando el dato de lluvia fue menor.

4.8. Contenido y aporte nutrimental de *Megathyrsus maximus*

Se determinó que aporta a los 35 días después de corte de uniformidad 10.5 a 10.9 % de proteína en verano y 11.5 a 13.3 % en invierno lo que le permite soportar

una carga de 2 a 4 animales por hectárea con una ganancia diaria de peso de 500 a 600 g por animal bajo una digestibilidad del forraje de 60 por ciento (León *et al.*, 2018).

4.9. Rendimiento de carne y leche utilizando *Megathyrus maximus* en ganado rumiante producido en condiciones de trópico húmedo

En Brasil se efectuó un estudio para determinar el crecimiento y las características de la canal en novillos Nellore de un peso vivo (PV) inicial de 301 ± 5.8 kg, suplementados con o sin adición de lípidos y que se finalizaron en un PV de 426 a 434 kg. Se encontró que los animales que consumieron sólo el pasto Mombasa alcanzaron una ganancia diaria de peso por animal de 0.710 kilogramos (Silveira *et al.*, 2020).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización del área de estudio

El trabajo de investigación se llevó a cabo en un terreno que se ubica en la Posta Zootécnica de la Universidad del Papaloapan en Loma Bonita, Oaxaca, México. Las coordenadas geográficas son 18° 06' de Latitud Norte y 95° 53' Longitud Oeste. El clima es Am, la temperatura promedio es de 25 °C y la precipitación de 1845 mm (INEGI, 2005).

5.2. Limpieza y acondicionamiento del terreno para siembra

El 15 de octubre de 2021 se preparó un terreno de 1000 m², el cual se chapeo con machetes, y posteriormente se eliminó la maleza con herramientas manuales (tarpalas y azadones). Después de la limpieza del área se procedió a trazar cuatro bloques de seis parcelas cada uno para tener un total de 24 parcelas o unidades experimentales (U.E. = 7 m²) que median 3.5 m de largo x 2 m de ancho.

5.3. Establecimiento de *Megathyrsus maximus*

Para el establecimiento del pasto se hicieron huecos de 20 cm de diámetro por 30 cm de fondo utilizando cava hoyos. Dentro de cada parcela los hoyos tuvieron una separación de 50 x 50 cm, para ubicar un total de 32 cepas por U.E. Posteriormente en cada cepa se colocó material vegetativo el cual se consiguió en una parcela de la Posta Zootécnica de la Universidad en Loma Bonita, Oaxaca, que ya estaba establecida.

5.4. Tratamientos de fertilización

Se probaron seis dosis o tratamientos de fertilización nitrogenada que se dosificaron utilizando el fertilizante urea (46-00-00). Las dosis ensayadas fueron: D1=00 (testigo), D2=100, D3=150, D4=200, D5=250 y D6=300 Unidades de nitrógeno por hectárea. Los tratamientos se ajustaron según la recomendación de Joaquín *et al.* (2009) quienes en pasto Guinea propusieron usar 100 Unidades de nitrógeno por hectárea como fórmula de fertilización base.

5.5. Diseño experimental

El diseño experimental implementado fue bloques al azar con seis tratamientos (dosis de fertilización), cuatro bloques (repeticiones). Los bloques se trazaron siguiendo la pendiente, con el objetivo de disminuir el efecto de la acumulación de agua que es una situación que se presenta sobre todo en la época de lluvias.

5.6. Variables en estudio

5.6.1. Altura de planta (cm), se midió en cada unidad experimental desde el nivel del suelo hasta la parte terminal de las hojas superiores completamente extendidas, esto se hizo al momento de efectuar cada corte a los 15, 30, 45 y 60 días después del corte de uniformidad.

5.6.2. Numero de tallos por metro cuadrado, en cada cepa se hizo el conteo del número de tallos que se encuentran dentro de un área de un metro cuadrado. Dicha área se delimitó mediante un marco de madera de 1 m².

5.6.3. Diámetro de tallo (cm), en esta variable se tomó en cuenta un rango de altura de la planta de 1 a 10 cm. Se tomó este dato en centímetros en la parte central del tallo de cinco plantas por parcela, elegidas al azar, se usó un vernier digital y se obtuvo un promedio del diámetro de tallo.

5.6.4. Contenido de clorofila en hojas (SPAD), al momento de evaluar el estatus fisiológico de las plantas y su relación entre las fuentes y vertederos (demandas), el contenido de clorofila en hojas es una de las variables que más influye (Do Amarante *et al.*, 2009). Para el presente estudio se obtuvo este dato en unidades SPAD, con el medidor de clorofila SPAD-502 de Minolta® (Figura 4).

5.6.5. Materia seca total MS (kg ha^{-1}), se obtuvo una muestra en fresco con el marco de madera de 1 m^2 por parcela experimental y se calculó el contenido de materia seca total, tal muestra se colocó dentro de una estufa a una temperatura de 55 a 65 °C por 72 horas para eliminar la humedad o hasta que la muestra alcanzó un peso constante.

5.6.6. Materia seca de hojas (kg ha^{-1}), de la muestra de materia seca total se separaron componentes y se obtuvo la materia seca que correspondió a hojas.

5.6.7. Materia seca de tallos (kg ha^{-1}), a partir de la materia seca total y después de separar las hojas quedó el total de materia seca de tallos que se expresó en kg ha^{-1} .

5.6.8. Material muerto (kg ha^{-1}), fue el material que al momento de tomar la muestra en verde se observó en estado senescente.

5.7. Análisis estadístico de la información

La información de los tratamientos a base de fertilización nitrogenada en *Megathyrus maximus* se concentró en una hoja de cálculo en el Software Excel para Windows®, Posteriormente los datos se sometieron a un análisis de varianza y en las variables que demostraron ser significativas se realizó una prueba de comparación de medias de los tratamientos en estudio, los análisis estadísticos de la información se efectuaron con el programa estadístico SAS (SAS, 2013).

5.8. Condiciones climáticas durante el periodo experimental

La precipitación promedio que se tuvo durante el periodo de experimento fue de 761 mm y la temperatura fue de 27 °C. En la Figura 7 se puede observar que en los meses de junio, julio y agosto se tuvieron los niveles más altos de precipitación, lo cual influyó en la producción de materia seca, ya que comprendió la parte final del experimento. La información se obtuvo de la estación meteorológica de la Fuerza Aérea Mexicana ubicada en Loma Bonita, Oaxaca, México, con las coordenadas de 18° 01' de Latitud Norte 95° 30' Longitud Oeste (Figura 7).

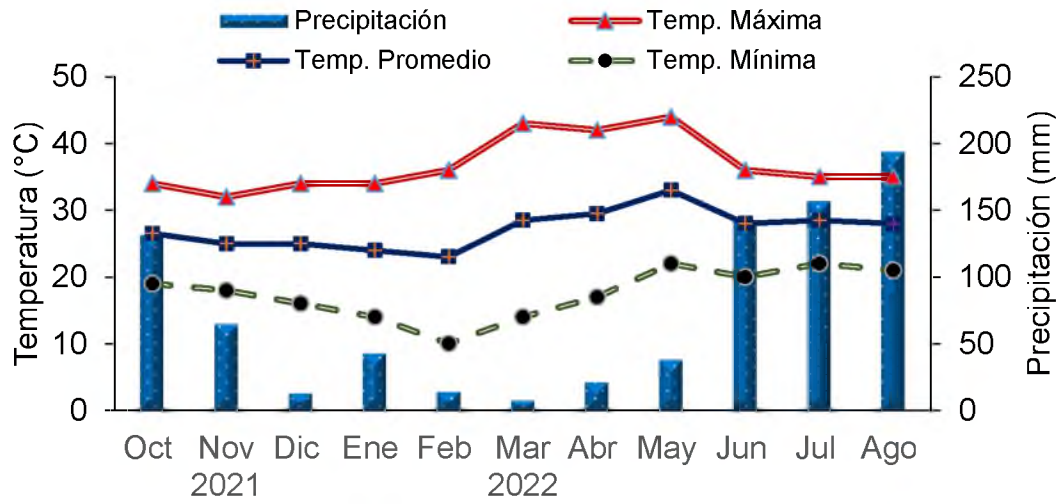


Figura 7. Temperatura mínima, promedio, máxima (°C) y precipitación (mm) de Loma Bonita, Oaxaca, México.. 2021 a 2022 (FAM, 2022).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Componentes de crecimiento

6.1.1. Altura de planta. En la época seca a los 15 y 30 días posteriores al corte de uniformidad no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre el testigo y los tratamientos de fertilización, situación que fue distinta en las dos fechas de muestreo posteriores que fueron a los 45 y 60 días después de efectuar el corte de uniformidad (Cuadro 1).

En la época seca la poca disponibilidad de agua (65 mm, Figura 7) afectó el crecimiento de la gramínea. Las alturas máximas a los 60 días (86.4 y 86.5 cm) se obtuvieron con los tratamientos de fertilización que consideraron 250 y 300 Unidades de N ha⁻¹.

En un estudio efectuado en Ecuador cuando se fertilizó el pasto *M. maximus* cv. Mombasa con diferentes fórmulas de fertilización a base de nitrógeno y fósforo, a los 30 días de crecimiento no se tuvieron diferencias significativas por efecto de la fertilización, y a los 45 días después del corte de uniformidad existieron diferencias estadísticas significativas y las alturas de planta oscilaron entre 71.7 y 106 cm para las distintas fórmulas de fertilización que se emplearon (Heredia-Mendoza *et al.*, 2022).

En la presente investigación en la época de lluvias la altura de la planta mostró variación a partir de los 30 hasta los 45 días después de realizar el corte de uniformidad (Cuadro 1), dicho comportamiento se puede explicar en relación con el dato de precipitación, ya que en época de lluvias fue de 491.8 milímetros (Figura 7). El efecto positivo de la fertilización nitrogenada se explica porque las plantas tienden a mostrar mejoras, ya que este elemento interviene en la síntesis de proteínas, e

influye en la producción de clorofila, ácidos nucleicos, plastidios, mitocondrias y compuestos energéticos, además de que promueve y activa la división celular en los vegetales (Al-Rifai and Abdul-Raza, 2019).

Cuadro 1. Altura de planta (cm) en *Megathyrus maximus* en función de fertilización nitrogenada en época seca y de lluvias en Loma Bonita, Oaxaca, México.

Unidades	Seca	Lluvias	Seca	Lluvias	Seca	Lluvias	Seca	Lluvias
de N	15 ddc	15 ddc	30 ddc	30 ddc	45 ddc	45 ddc	60 ddc	60 ddc
0	52.0a	94.0a	59.6a	136.9b	60.9b	157.4bc	69.6b	185.4a
100	45.9a	95.1a	53.8a	157.4ab	60.8b	172.5ab	67.3b	188.5a
150	49.5a	98.3a	56.8a	155.6ab	59.5b	154.8c	73.5b	179.5a
200	52.0a	92.0a	58.4a	145.0ab	65.4b	166.1abc	76.9ab	185.5a
250	48.8a	98.0a	55.9a	151.0ab	76.3a	171.8ab	86.5a	199.4a
300	50.5a	97.3a	64.1a	163.9a	76.5a	173.7a	86.4a	196.6a
Media	49.8	96.8	58.1	151.6	66.5	166.1	76.7	189.1
CV (%)	11.5	7.6	11.3	6.9	5.9	4.3	6.3	9.8
DHS	13.1	16.8	15.1	24.3	9.1	16.2	11.1	42.8

ddc=Días después del corte de uniformidad, CV=Coeficiente de variación, DHS=Diferencia honesta significativa. abc=Letras iguales en columnas indican que no hay diferencia estadística entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$).

Las variantes en altura de la planta a través de épocas del año se explica porque el crecimiento de los vegetales puede ser influenciado por el ambiente que implica a la luz solar, nutrición mineral, fijación de CO₂, estatus hídrico y temperatura, genotipo de la especie forrajera en cuestión, condiciones edáficas; además de las condiciones de manejo en que se desarrolla el vegetal principalmente la aplicación de nitrógeno el cual es un nutriente muy limitante para el desarrollo vegetal

(Muñoz González *et al.*, 2016; da Silva *et al.*, 2021). Es importante hacer notar que la altura de la planta muestra un grado de asociación positivo con el contenido de biomasa presente en una pradera, lo que incidirá en la cantidad de forraje que se produce en una superficie de terreno determinada (Castillo *et al.*, 2009).

6.1.2. Número de tallos por metro cuadrado. Para número de tallos por metro cuadrado en la época de seca en tres diferentes fechas de muestreo se tuvieron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$, Cuadro 2) entre los tratamientos de fertilización a base de nitrógeno con relación al tratamiento testigo, con excepción de la fecha de muestreo que se realizó a los 45 días después de efectuar el corte de uniformidad, ya que en la seca la falta de humedad pudo incidir en el aprovechamiento de nutrientes por parte de las plantas.

A los 15, 30 y 60 días después del corte de uniformidad del pasto Guinea se vio el efecto de la fertilización cuando los niveles de nitrógeno oscilaron entre 100 y 300 Unidades de N ha⁻¹, donde el número de tallos por metro cuadrado en seca a los 60 días después del corte de uniformidad para las fórmulas de fertilización señaladas varió de 337 a 390.5 tallos por m². En el pasto llanero *Andropogon gayanus* en seca se registró por metro cuadrado un total de 325 tallos (Ramírez *et al.*, 2020). Esto difiere de lo encontrado en *Megathyrsus maximus* cv. Tanzania donde se contabilizó en Loma Bonita, Oaxaca, México, un promedio de 2942 tallos por m², situación que se entiende porque los autores concluyeron que en las condiciones en que se efectuó el estudio, en ese año en particular (durante once meses) existieron

condiciones favorables de precipitación y temperatura (Pacheco Hernández *et al.*, 2020).

Cuadro 2. Número de tallos por metro cuadrado en *Megathyrus maximus* en función de fertilización nitrogenada en época seca y de lluvias en Loma Bonita, Oaxaca, México.

Unidades de N	Seca 15 ddc	Lluvias 15 ddc	Seca 30 ddc	Lluvias 30 ddc	Seca 45 ddc	Lluvias 45 ddc	Seca 60 ddc	Lluvias 60 ddc
0	202.3b	119.8b	164.2b	251.5a	248.0a	148.3a	268.0b	260.0a
100	252.8a	196.3a	236.2ab	239.0ab	312.0a	194.0a	337.0ab	320.5a
150	298.5a	221.0a	284.5a	217.0ab	357.0a	206.0a	387.0a	303.3a
200	315.0a	205.8a	314.7a	225.8ab	363.3a	182.3a	384.7a	297.8a
250	288.0a	178.5ab	319.5a	197.8ab	341.0a	169.0a	363.5ab	294.5a
300	272.8ab	192.3a	317.8a	239.0ab	351.5a	157.5a	390.5a	274.0a
Media	271.5	185.6	272.8	214.3	328.9	176.2	355.1	291.6
CV (%)	13.6	14.3	17.5	19.2	18.3	23.3	13.6	12.0
DHS	84.9	60.9	110.0	94.3	138.1	94.3	110.9	80.2

ddc=Días después del corte de uniformidad, CV=Coeficiente de variación, DHS=Diferencia honesta significativa. abc=Letras iguales en columnas indican que no hay diferencia estadística entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$).

En número de tallos por metro cuadrado en la época de lluvias mostró diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$, Cuadro 2) solo en las fechas de muestreo a los 15 y 30 días posteriores al corte de uniformidad del pasto Guinea y es cuando mayor aparición de tallos se notó en la época lluviosa porque la planta se encontraba en crecimiento vegetativo acelerado; sin embargo a los 45 y 60 días ya no fue evidente el efecto de la fertilización en la variable número de tallos por metro cuadrado, ya que si bien es cierto se trató del periodo de mayor humedad en el año, la lluvia no fue tan alta, si se toma en consideración que en registros históricos se cuantificaron

para Loma Bonita, Oaxaca un total de 1845 a 2000 milímetros de lluvia por año (INEGI, 2005).

De acuerdo con da Silva *et al.* (2021) la fertilización de pastos a base de nitrógeno favorece la aparición de nuevos tallos, además de incrementar el número de hojas vivas y la longitud de la hoja bandera, lo que conlleva a que de forma adicional se mejore el valor nutricional en las gramíneas forrajeras.

6.1.3. Contenido de clorofila en hojas. El contenido de clorofila en hojas es un indicador que permite determinar la eficiencia fotosintética en los pastos tropicales. En el estudio no se encontraron en la época seca diferencias estadísticas significativas entre tratamientos entre las fechas de muestreo 15, 30, 45 y 60 días posteriores al corte de uniformidad (Cuadro 3). No obstante, es importante señalar que en los tratamientos donde se aplicaron las dosis de fertilización con nitrógeno, los valores de clorofila (unidades SPAD) fueron mayores, en términos numéricos, con relación a los valores que se obtuvieron en el tratamiento testigo sin fertilización.

Es de resaltar que en época de lluvias el contenido de clorofila en hojas no arrojó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en las fechas de muestreo 15, 45 y 60 días después de corte de uniformidad del pasto Mombasa (Cuadro 3), aunque si existió un efecto de la fertilización a los 30 días, que pudo deberse a que, en esa fecha por tratarse de una etapa de crecimiento y desarrollo de la gramínea, la formación de clorofila incide en la formación de fotoasimilados por parte de la planta. Además, se ha determinado que el elemento nitrógeno junto con el magnesio forman parte de la estructura de la molécula de clorofila y se ha podido demostrar

que existe una relación entre la concentración de nitrógeno y la concentración de clorofila en hojas (en unidades SPAD) (Rincón *et al.*, 2019).

Munari *et al.* (2017) al medir el efecto de la fertilización nitrogenada en la calidad del forraje de *Megathysus maximus* cv. Mombasa indicaron que la fertilización a base de nitrógeno incrementa la producción de forraje, el contenido de proteína cruda y mejora el índice de color verde en el pasto y argumentaron que existe una alta correlación entre la coloración verde de la gramínea y los contenidos de proteína cruda que se tienen en el pasto Mombasa.

Cuadro 3. Clorofila en hojas (SPAD) en *Megathysus maximus* en función de fertilización nitrogenada en época seca y de lluvias en Loma Bonita, Oaxaca, México.

Unidades de N	Seca 15 ddc	Lluvias 15 ddc	Seca 30 ddc	Lluvias 30 ddc	Seca 45 ddc	Lluvias 45 ddc	Seca 60 ddc	Lluvias 60 ddc
0	32.9a	46.7a	40.8a	43.7ab	33.9a	39.9a	33.7a	43.2a
100	34.4a	46.0a	43.0a	41.3b	36.6a	37.0a	37.6a	41.2a
150	38.9a	48.3a	43.3a	43.9ab	42.1a	40.1a	42.8a	44.7a
200	35.9a	50.4a	48.4a	46.3a	34.8a	43.6a	35.7a	44.3a
250	32.1a	47.1a	43.2a	45.7ab	38.5a	42.8a	39.2a	44.5a
300	41.6a	48.6a	47.7a	45.6ab	42.6a	44.6a	43.8a	45.5a
Media	36.0	47.8	44.4	44.4	38.1	41.3	38.8	43.9
CV (%)	21.0	8.4	7.6	4.8	19.3	13.7	16.4	5.3
DHS	17.5	9.3	7.7	4.9	16.9	13.0	14.5	5.4

ddc=Días después del corte de uniformidad, CV=Coefficiente de variación, DHS=Diferencia honesta significativa. abc=Letras iguales en columnas indican que no hay diferencia estadística entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$).

6.1.4. Diámetro de tallo. El diámetro de tallo no mostró diferencias estadísticas significativas en la época de lluvias (Cuadro 4). De igual manera en la época de seca, la variable diámetro de tallo no mostró diferencias estadísticas en tres de cuatro muestreos efectuados, existiendo tales diferencias sólo a los 30 días después del corte de uniformidad (Cuadro 4), quizá por el crecimiento acelerado que se presentó en los primeros treinta días de crecimiento del pasto Guinea.

Cuadro 4. Diámetro de tallo (mm) en *Megathyrsus maximus* en función de fertilización nitrogenada en época seca y de lluvias en Loma Bonita, Oaxaca, México.

Unidades de N	Seca 15 ddc	Lluvias 15 ddc	Seca 30 ddc	Lluvias 30 ddc	Seca 45 ddc	Lluvias 45 ddc	Seca 60 ddc	Lluvias 60 ddc
0	7.3a	12.1a	7.3b	11.0a	9.5a	10.5a	10.3a	10.0a
100	6.4a	12.4a	6.4b	9.8a	9.5a	11.2a	10.5a	11.3a
150	6.5a	11.2a	8.3ab	9.3a	8.5a	10.0a	9.5a	10.6a
200	7.2a	11.0a	7.9ab	9.3a	9.5a	9.3a	10.0a	10.2a
250	6.3a	11.1a	6.8b	9.5a	9.3a	10.2a	9.5a	11.0a
300	7.2a	11.2a	9.6a	10.5a	9.3a	11.5a	10.3a	10.7a
Media	6.8	11.5	7.7	9.9	9.3	10.5	10.0	10.6
CV (%)	21.5	9.9	12.3	11.6	14.4	10.7	8.2	12.2
DHS	3.4	2.6	2.1	2.6	3.1	2.6	1.9	2.9

ddc=Días después del corte de uniformidad, CV=Coeficiente de variación, DHS=Diferencia honesta significativa. abc=Letras iguales en columnas indican que no hay diferencia estadística entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$).

Las diferencias en el diámetro de tallo se notaron en la época de seca principalmente con la aplicación de 300 Unidades de N por hectárea y los menores diámetros de tallo se presentaron en el testigo y en las fórmulas de fertilización con 100 y 250 Unidades de nitrógeno (Cuadro 4). Esta respuesta denota que, aunque

la fertilización con el elemento nitrógeno incidió en el diámetro de tallo, la respuesta varía de acuerdo con el contenido hídrico en la planta y factores asociados al clima como la temperatura, lo que genera un aprovechamiento variable del elemento N por las plantas.

6.2. Componentes de rendimiento

6.2.1. Rendimiento de materia seca total. Mostró existencia de diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos de fertilización aplicados en la época de seca en cuatro muestreos (15, 30, 45 y 60 días después de hacer el corte de uniformidad) (Cuadro 5). Con respecto a producción de materia seca total en el tratamiento de 300 unidades de nitrógeno por hectárea en época seca, en comparación con el testigo, existió una superioridad en rendimiento de MS de 53.9, 50.2, 47.7 y 47.6 % con relación al testigo sin fertilización, para las fechas de muestreo efectuadas a los 15, 30, 45 y 60 días de hacer el corte de uniformidad en el pasto Mombasa.

En la época de lluvias solamente se tuvieron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) en el muestreo a los 30 días después del corte de uniformidad. Los máximos rendimientos de materia seca en lluvias, en términos numéricos, fueron a los 60 días después del corte de uniformidad con los tratamientos de 100 y 200 unidades de N ha⁻¹ con 11,477 y 12,178 kg ha⁻¹, valores que superaron al tratamiento testigo en 8.3 y 13.6 %, respectivamente (Cuadro 5), dichos resultados concuerdan con lo recomendado por Joaquín *et al.* (2009), quienes detectaron que algunos componentes de rendimiento como la producción de semillas se vieron favorecidos con la dosis de 100 unidades de N ha⁻¹.

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

Unidades de N	Seca 15 ddc	Lluvias 15 ddc	Seca 30 ddc	Lluvias 30 ddc	Seca 45 ddc	Lluvias 45 ddc	Seca 60 ddc	Lluvias 60 ddc
0	487.5b	1845.5a	562.5b	1793.0abc	785.0b	5714a	872.5b	10523a
100	710.0ab	1552.0a	887.5ab	1697.8abc	1122.5ab	9001a	1257.5ab	11477a
150	727.5ab	1560.5a	985.0ab	1627.8c	1145.0ab	7996a	1320.0ab	8458a
200	840.0ab	1423.5a	1187.5a	1637.3bc	1205.0ab	7326a	1388.0ab	12178a
250	650.0ab	1624.5a	1250.0a	1918.8a	1292.5ab	6149a	1467.5a	9241a
300	1057.5a	1582.3a	1130.0ab	1891.5ab	1500.0a	6176a	1665.0a	10913a
Media	745.4	1599.5	992.1	1761.0	1175.0	7060	1327.1	10465
CV (%)	30.3	22.1	26.3	6.5	20.5	50.42	18.4	46.34
DHS	518.5	812.9	599.2	261.9	552.4	8000	561.3	10900

ddc=Días después del corte de uniformidad, CV=Coeficiente de variación, DHS=Diferencia honesta significativa. abc=Letras iguales en columnas indican que no hay diferencia estadística entre tratamientos (Tukey, P<0.05).

En diferentes gramíneas del género *Urochloa* se verificó que responden a aplicaciones que van desde 40 hasta 400 Unidades de N ha⁻¹, de acuerdo con múltiples factores como: humedad, nutrición edáfica que incluye al nitrógeno, cambios en parámetros ambientales y aspectos que tienen que ver con el manejo del cultivo (Juntasin *et al.*, 2022). Aunque da Silva *et al.* (2021) en pasto mombasa encontraron que la dosis de 300 Unidades N ha⁻¹ fue eficiente para mejorar el rendimiento de materia seca total en la gramínea señalada.

Muñoz-González *et al.* (2016), sostuvieron que en la época de lluvias se incrementan los contenidos de humedad en el suelo, contrario a lo que sucede en la época de seca donde se observan producciones bajas de materia seca dados por

el estrés que se genera por la escasez de humedad y el calor intenso que pueden afectar procesos como la generación de fotoasimilados e incidir sobre las tasas de respiración, por ende, tienden a afectar el crecimiento y desarrollo de las plantas. Apoyando lo anterior, Benabderrahim y Elfalleh (2021) sostuvieron que el pasto Guinea bajo estrés hídrico decrece su producción de biomasa, pudiendo retardarse la elongación de los tallos y la floración; por lo que, si falta agua puede observarse una reducción en el área foliar y en el rendimiento en biomasa. Así, el pasto Guinea crece de forma correcta en áreas tropicales y subtropicales que presentan más de 900 mm de lluvia, y prospera con buenas precipitaciones principalmente en el ciclo de primavera verano.

Heredia-Mendoza *et al.* (2022) en Manabí, Ecuador en un clima de trópico con lluvias de 800 a 1200 mm y temperatura promedio de 24 °C, midieron diferentes características morfológicas en *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa y determinaron un rendimiento de materia seca de 5905 y 5450 kg ha⁻¹ cuando se hicieron los cortes de aprovechamiento a los 30 y 45 días, respectivamente y con el uso de 400 Unidades de nitrógeno por hectárea.

El mayor rendimiento de materia seca total analizada de manera promedio en las dos épocas del año fue con la dosis de 200 Unidades de N ha⁻¹ con una producción de 3,398 kg ha⁻¹; es decir, superó en 17.0 % lo obtenido en el tratamiento testigo sin fertilización.

6.2.2. Rendimiento de materia seca de hojas. Se indica que al separar componentes morfológicos y verificar el rendimiento de materia seca de hojas en época de seca al aplicar diferentes dosis de fertilización nitrogenada se

encontró que existieron diferencias significativas entre tratamientos de fertilización ($P \leq 0.05$) con relación al testigo (Cuadro 6), las fórmulas de fertilización con los niveles de nitrógeno de 200, 250 y 300 Unidades N ha⁻¹ mostraron rendimientos superiores en producción de hojas, debido a que por la demanda de nutrientes de las plantas la producción de hojas se ve mejorada cuando se aplican niveles más elevados del elemento nitrógeno.

En relación con lo antes expuesto, Mantovani *et al.* (2022) comentaron que el pasto Mombasa presenta demandas altas en nitrógeno para mantener niveles elevados de producción lo que conlleva a mejorar la calidad del forraje obtenido, ya que se incrementan componentes estructurales como la longitud de la hoja y el número de hojas por macollo en dicha gramínea.

Cuadro 6. Rendimiento de materia seca de hojas (kg ha⁻¹) en *Megathyrus maximus* en función de fertilización nitrogenada en época seca y de lluvias en Loma Bonita, Oaxaca, México.

Unidades de N	Seca 15 ddc	Lluvias 15 ddc	Seca 30 ddc	Lluvias 30 ddc	Seca 45 ddc	Lluvias 45 ddc	Seca 60 ddc	Lluvias 60 ddc
0	282.5b	1083.5a	442.5b	889.5b	500.1c	3596.0a	562.5b	6850.0a
100	400.0ab	823.0a	662.5ab	921.0ab	797.5abc	5686.0a	855.0ab	7857.0a
150	402.5ab	854.3a	667.5ab	906.5b	692.5bc	5099.0a	737.5b	5290.0a
200	472.5ab	812.3a	730.0ab	932.0ab	842.5ab	4735.0a	910.0ab	7134.0a
250	297.5ab	751.3a	787.5ab	1102.3ab	797.5abc	4015.0a	882.0ab	5487.0a
300	610.0a	873.0a	940.4a	1311.0a	1057.5a	3919.0a	1152.5a	6489.0a
Media	410.8	866.2	705.0	1010.4	781.3	4508.4	849.9	6517.8
CV (%)	34.3	25.5	27.4	17.4	18.9	48.1	18.1	40.7
DHS	323.7	508.2	443.9	403.4	339.1	4879.0	353.6	5969.1

ddc=Días después del corte de uniformidad, CV=Coefficiente de variación, DHS=Diferencia honesta significativa. abc=Letras iguales en columnas indican que no hay diferencia estadística entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$).

A medida que se avanzó en las fechas de corte el rendimiento que presentó el pasto Guinea se vio incrementado tanto en la época de sequía como en lluvias (Cuadro 6). Ventura *et al.* (2021) notificaron que el rendimiento en biomasa en el pasto Mombasa se incrementa de forma lineal a medida que la planta avanza con relación a su estado de madurez fisiológica, pudiendo tenerse a los 120 días después de corte rendimientos de materia seca de 11,000 kg ha⁻¹ por año.

En la presente investigación en época de lluvias el rendimiento de materia seca de hojas se incrementó sólo a los 30 días después del corte de uniformidad y de forma general la producción de hojas siempre fue mayor en los tratamientos que recibieron fertilización, con relación a lo observado con la dosis de 150 Unidades de N y lo que produjo el tratamiento testigo, los cuales estuvieron en otro grupo de significancia (Cuadro 6).

En las fechas de muestreo efectuadas a los 45 y 60 días en época de lluvias no existieron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) entre tratamientos de fertilización para rendimiento de materia se hojas. Sin embargo, de forma numérica se observó que los mayores rendimientos de materia seca de hojas se tuvieron cuando se aplicó la dosis de fertilización de 100 Unidades de N por hectárea, por lo se tuvo un aumento de 36.8 % (45 días) y 12.8 % (60 días), con relación a lo que produjo el tratamiento testigo (Cuadro 6), lo que obedeció a que el dato de lluvia no permitió un aprovechamiento correcto de los tratamientos de fertilización.

6.2.3. Rendimiento de materia seca de tallos. De acuerdo con el Cuadro 7 en época de sequía el rendimiento de materia seca de tallos no presentó diferencias

estadísticas significativas ($P>0.05$) entre tratamientos en las fechas de muestreo 15, 30, 45 y 60 días después de hacer el corte de uniformidad (Cuadro 7), contrario a lo que se observó en la componente materia seca de hojas (Cuadro 6).

En lluvias dicho comportamiento en rendimiento de materia seca de tallos presentó diferencias estadísticas significativas ($P\leq 0.05$) a los 30 días después del corte de uniformidad, ya que con las fórmulas de fertilización de 100, 250 y 300 Unidades de N ha^{-1} se tuvo la mayor proporción de materia seca de tallos, lo que estuvo en sintonía con la mayor cantidad de hojas que se generó con las fórmulas de fertilización antes descritas.

Cuadro 7. Rendimiento de materia seca de tallos ($kg\ ha^{-1}$) en *Megathyrus maximus* en función de fertilización nitrogenada en época seca y de lluvias en Loma Bonita, Oaxaca, México.

Unidades de N	Seca 15 ddc	Lluvias 15 ddc	Seca 30 ddc	Lluvias 30 ddc	Seca 45 ddc	Lluvias 45 ddc	Seca 60 ddc	Lluvias 60 ddc
0	80.0a	279.5a	55.0a	246.0b	80.0a	2118.0a	112.5a	3674.0a
100	117.5a	283.3a	40.0a	301.8ab	67.5a	3293.0a	100.0a	3620.0a
150	87.5a	183.3a	45.0a	218.3b	85.0a	2897.0a	108.5a	3168.0a
200	92.5a	151.5a	92.5a	172.8b	135.0a	2591.0a	135.0a	5044.0a
250	125.0a	260.8a	55.0a	394.0ab	77.5a	2133.0a	101.0a	3754.0a
300	217.5a	327.8a	110.0a	518.3a	195.0a	2257.0a	147.5a	4424.0a
Media	120.0	247.7	66.3	308.5	106.7	2548.2	117.3	3947.0
CV (%)	30.1	33.7	32.3	34.9	31.2	56.7	30.4	62.3
DHS	167.6	248.9	84.3	247.9	281.9	3250.6	149.7	5533.3

ddc=Días después del corte de uniformidad, CV=Coefficiente de variación, DHS=Diferencia honesta significativa. abc=Letras iguales en la misma columna indican que no hay diferencia estadística entre tratamientos (Tukey, $P\leq 0.05$).

No obstante lo anterior, en las fechas de muestreo realizadas en lluvias en pasto Guinea a los 15, 45 y 60 días después del corte de uniformidad no se registraron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) entre las diferentes dosis de fertilización que se aplicaron del elemento nitrógeno, lo que pudo deberse a que en este trabajo, en etapas avanzadas de desarrollo del pasto el número de tallos por metro cuadrado fue similar (Cuadro 2).

Es importante recalcar el hecho de que en términos nutricionales para el ganado, cuando el pasto mombasa se usa por el ganado a los 30 días después de efectuado el corte de uniformidad, su contenido de proteína es mayor que si ese forraje se aprovecha a los 45 días después de que se hizo tal corte de uniformidad, ya que los niveles de fibra detergente ácido y detergente neutro en tallos son mayores y generan un menor aprovechamiento y una disminución de la digestibilidad del forraje para el ganado rumiante (Heredia-Mendoza *et al.*, 2022).

Por otro lado, la presencia de tallos bien desarrollados y vigorosos es un factor que se deberá de tomar en consideración en pasto Mombasa, ya que muestran una alta correlación con la producción de semillas, además de que en varios estudios se ha indicado su valía para incrementar el rendimiento de semillas y la producción de forraje, además de que los tallos sirven para acumular carbohidratos de reserva y sostienen a las inflorescencias, y por ende, a las semillas que contienen (Juntasin *et al.*, 2022).

6.2.4. Material muerto. La componente material muerto en época de seca no presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en tres fechas de muestreo (Cuadro 8), dicho comportamiento fue distinto sólo a los 30 días

posteriores de haber hecho el corte de uniformidad, ya que en esa etapa de desarrollo de *Megathyrsus maximus* se notó un efecto de la fertilización (Cuadro 8), donde la totalidad de tratamientos de fertilización que se ensayaron superaron en rendimiento de material muerto al testigo dado que se produjo una mayor cantidad de biomasa en los tratamientos donde se aplicaron las diferentes dosis de nitrógeno.

Se ha indicado que los incrementos en la muerte de tallos en *Megathyrsus maximus* cv. Tanzania se deben a la presencia de temperaturas elevadas y a la ausencia de precipitación, a lo que se suman las prácticas de manejo que se realicen en dicha Poaceae (Pacheco-Hernández *et al.*, 2020).

Cuadro 8. Material muerto (kg ha^{-1}) en *Megathyrsus maximus* en función de fertilización nitrogenada en época seca y de lluvias en Loma Bonita, Oaxaca, México.

Unidades de N	Seca 15 ddc	Lluvias 15 ddc	Seca 30 ddc	Lluvias 30 ddc	Seca 45 ddc	Lluvias 45 ddc	Seca 60 ddc	Lluvias 60 ddc
0	125.0a	491.3a	75.0b	444.0a	217.5a	1573.0a	232.5a	2815.0a
100	192.5a	449.5a	197.5ab	475.0a	260.0a	2323.3a	280.0a	3330.0a
150	237.5a	522.0a	305.0ab	529.5a	312.5a	2700.5a	320.0a	2884.0a
200	275.0a	459.5a	482.5a	532.8a	427.5a	2251.5a	450.0a	3994.0a
250	227.5a	612.5a	367.5ab	626.5a	367.5a	2146.0a	382.5a	2979.0a
300	262.5a	381.3a	300.0ab	293.0a	305.0a	1795.0a	372.5a	2199.0a
Media	220.0	485.4	286.3	483.5	315.0	2131.6	339.6	3033.2
CV (%)	28.0	45.7	31.4	34.8	32.7	57.5	31.8	60.2
DHS	244.0	510.6	286.8	387.1	345.5	2759.0	309.4	4104.8

ddc=Días después del corte de uniformidad, CV=Coeficiente de variación, DHS=Diferencia honesta significativa. abc=Letras iguales en columnas indican que no hay diferencia estadística entre tratamientos.

En la época de lluvias la variable material muerto, aunque en términos numéricos fue superior en los tratamientos con fertilización nitrogenada, en términos estadísticos no existieron diferencias entre los diferentes tratamientos de fertilización que se ensayaron (Cuadro 8), es importante hacer notar que las condiciones de humedad no fueron las idóneas (Figura 7) durante el desarrollo del experimento, aunado a la presencia de altas temperaturas que explican en gran medida el desempeño productivo del pasto Guinea a lo largo del presente estudio.

Finalmente es importante considerar el hecho de que en las gramíneas la presencia de un alto número de tallos muertos es consecuencia directa del crecimiento que experimenta la planta, lo que se explica por el aumento en el área foliar del cultivo, viéndose afectada la entrada de luz proveniente del sol hacia los tallos pequeños que se encuentran en desarrollo y que derivan en la muerte de los anteriores (Pacheco-Hernández *et al.*, 2020).

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

El pasto Guinea producido con las dosis de fertilización (0, 100, 150, 200, 250 y 300 unidades de N ha⁻¹) presentó incrementos significativos ($P \leq 0.05$) en componentes de crecimiento como la altura de la planta, número de tallos por m², principalmente con las dosis de 250 y 300 Unidades de nitrógeno ha⁻¹. Aunque, no se observó un efecto significativo de los tratamientos de fertilización con relación al testigo sobre el diámetro de tallo y el contenido de clorofila en hojas tanto en sequía como en lluvias.

Los mayores rendimientos de materia seca total y de hojas incrementaron al aplicar entre 100 y 300 Unidades de nitrógeno ha⁻¹ y ese efecto fue más marcado en sequía que en lluvias. No obstante, la materia seca de tallos y el material muerto se vieron favorecidos antes de los 30 días después de corte, ya que existió una influencia muy marcada de la temperatura y de una escasa precipitación (Figura 7) que se tuvo tanto en la época seca como en la de lluvias.

El mayor rendimiento de materia seca total analizada de manera promedio en las dos épocas del año en que se trabajó fue con la dosis de 200 Unidades de N ha⁻¹ con una producción de 3,398 kg ha⁻¹; es decir, superó en 17.0 % lo obtenido en el tratamiento testigo sin fertilización.

7.2. Recomendaciones

Se recomienda efectuar este tipo de estudios de fertilización nitrogenada de pasto Mombasa en trópico húmedo, mediante el uso de un mayor número de localidades y durante lapsos de tiempo más prolongados para comprobar la veracidad de los resultados obtenidos.

8. LITERATURA CITADA

- Al-Rifai S.I. and Abdul-Raza A.W.M.A. 2019. Effect of planting dates and levels of nitrogen fertilizer in the growth and yield of green and dry forage for Guinea grass *Panicum maximum* Cv. Mombasa. *Plant Archives*. 19(Supl. 2):1499-1503.
- Benabderrahim M.A., y Elfalleh W. 2021. Forage potential of non-native grass in North African agroecosystems: genetic, and adaptative traits. *Agronomy* 11(6), 1071.
- Casanova-Lugo F., Villanueva-López G., Alcudia-Aguilar A., Nahed-Toral J., Medrano-Pérez O.R., Jiménez-Ferrer G., Alayón-Gamboa J.A., Aryal D.R. 2022. Effect of tree shade on the yield of *Brachiaria brizantha* grass in tropical livestock production systems in Mexico. *Rangeland Ecology & Management*. 80:31-38.
- Castillo E. G., Valles M. B., Jarillo R. J. 2009. Relación entre materia seca presente y altura en gramas nativas del trópico mexicano. *Técnica Pecuaria en México* 47:79-92.
- da Silva P.A.G., de Souza F.A.F., Miyagi O.E.S., Rodrigues G.J., Dupas E., de Oliveira E.R., Ferreira J.L. Costa M.O.F. 2021. Nutritional value of Mombasa grass submitted to different grazing heights and nitrogen fertilization. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*. 4(1):875-885.
- Do Amarante C., O. Zanuzo A. Miqueloto C. Steffens J. Erhart y J. De Almeida. 2009. Quantificacao da área e do teor de clorofilas em folhas de plantas jovens de videira "cabernet sauvignon" mediante métodos nao destructivos. *Rev. Bras. Frutic.* 31(3), 680-686.
- Eleuterio-Vásquez S., Joaquín-Torres B.M., Joaquín-Cancino S., Gómez-Vázquez A. 2020. Guinea grass (*Megathyrsus maximus* cv. Mombaza) seed production; plant spacing and its effect on yield and quality. *Agroproductividad*. 13(4):41-46.
- Enríquez Q.J.F., Meléndez N. F., Bolaños A.E.D., Esqueda E.V.A. 2011. Producción y manejo de forrajes tropicales. Libro Técnico No. 28. INIFAP. Campo Experimental La Posta. Medellín de Bravo, Veracruz, México. 405 p.

- Enríquez Q.J.F., Esqueda E V. A., Méndez M.D. 2021. Rehabilitation of degraded pastures in the tropics of Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 12(Supl 3):243-260.
- Estrada L. I., Esparza J. S., Albarrán P. B., Yong A. G., Rayas A. A. A., García M. A. 2018. Evaluación productiva y económica de un sistema silvopastoril intensivo en bovinos doble propósito en Michoacán, México. *Ciencia ergo-Sum*. 25(3).
- Fuerza Aérea Mexicana (FAM). 2022. Estadística meteorológica mensual. Dirección de servicio Meteorológico. Estación Loma Bonita, Oaxaca, México.
- 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.
- Galindo F.S., Beloni T., Buzetti S., Minhoto T.F.M.C., Dupas E., Ziolkowsky L.M.G. 2018. Technical and economic viability and nutritional quality of Mombasa guinea grass silage production. *Acta Scientiarum, Agronomy*. 40, e36395
- Garcez N.A.F., Gobbi K.F., da Silva J., Machado S.T. 2012. Tillering and biomass partitioning of Mombasa grass under nitrogen fertilization during regrowth. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 41(8):1824-1834.
- García C.R., Martínez R.O., Tueno R., Cruz A.M., Romero A., Estanquero L., Noda A., Torres V. 2008. Evaluación agronómica de Guinea Mombasa (*Panicum maximum* Jacq.) en un suelo ferralítico rojo típico de la provincia La Habana. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 42(2):205-209.
- Gurgel C.A.L., Difante G. dos S., Baptaglia M.D., Batista E.V.P., de Araújo R.A., Santos S.J.C. 2021. Principal component analysis of steers performance and structural and nutritional characteristics of Mombasa grass. *Ciência Rural, Santa Maria*. 51(1) e20200306.
- Hare M.D., Phengphet S., Songsiri T., y Sutin N. 2015. Effect of nitrogen on yield and quality of *Panicum maximum* cvv. Mombasa and Tanzania in Northeast Thailand. *Tropical Grasslands-Forrajeras Tropicales*. 3:27-33. <https://www.tropicalgrasslands.info/index.php/tgft/article/view/188/153>
- Heredia-Mendoza J.D., Fernández-Romay J., Vivas-Arturo W.F., Andrade-Díaz C.A., Alcívar-Acosta E.E., Macías-Pro M.A., Peña M. de J. 2022.

- Características morfológicas en el pasto *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa, en el cantón Chone provincia Manabí. *Polo del Conocimiento*. (Edición núm. 70) 7(5):1410-1425.
- Hernández R. y García-Trujillo. 1978. Hierba Guinea (*Panicum maximum* Jacq.). *Pastos y Forrajes*. 1(1):1-27.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática) 2005. Cuaderno Estadístico Municipal de Loma Bonita, Oaxaca, México. Aguascalientes, México. 160 p.
- 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.
- Juntasin W., Imura Y., Nakamura I., Hossain M.A., Thaikua S., Pongkaew R. Kawamoto Y. 2022. Effects of closing date and nitrogen fertilization on seed yield and seed quality in two novel cultivars of *Urochloa* spp. *Agronomy* 12, 513.
- Koech O. and Staline K. 2021. Pasture production and conservation: training manual. University of Nairobi, Kenya. 41 p.
- León R., Bonifaz N., Gutiérrez F. 2018. Pastos y forrajes del Ecuador Siembra y producción de pasturas. Universidad Politécnica Salesiana. Quito, Ecuador. pp. 217-220.
- Mantovani J. R., da Silva B. J., de Souza C. B., Esteves G.F. 2022. Production and nutritional value of Mombaca grass with application of whey as an alternative nitrogen source. *Research Society and Development*. 11(4), e10811427158.
- Matías C., y Ritt S. 1988. Influencia de dos zonas edafoclimáticas diferentes en el potencial de producción de semilla de cinco cultivares de Guinea (*Panicum maximum* Jacq.). *Pastos y Forrajes*. 11(2):143-150.
- Méndez-Martínez Y., Reyes-Pérez J.J., Luna-Murillo RA., Verdecía D.M., Espinoza-Coronel A.L., Pincay-Ronquillo W.J., Espinoza-Cunuhay K.A., Macías-Pettao R.K., Herrera R.S., 2020. Efecto de la zona climática en el rendimiento y calidad de tres variedades de *Megathyrsus maximus*. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 54(2):267-278.

- Merchant-Fuentes I. y Solano-Vergara J. J. 2016. Las praderas, sus asociaciones y características: una revisión. *Acta agrícola y Pecuaria*. 2(1):1-11.
- Milera-Rodríguez M de la C., Alonso-Amaro O., Machado-Martínez H.C., Machado-Castro R.L., 2017. *Megathyrus maximus*, Resultados científicos y potencialidades ante el cambio climático en el trópico. Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”. Central España Republicana, Matanzas, Cuba.
- Munari E.C., Pietroski M., de Mello P. 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-González J. C., Huerta-Bravo M., Lara B. A., Rangel S. R., de la Rosa A. J. L. 2016. Producción de materia seca de forrajes en condiciones de Trópico Húmedo en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Pub. Esp. No. 16:3329-3341.
<https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/400/323>
- Pacheco-Hernández A., Garay-Martínez J. R., Granados-Rivera L. D., Bautista-Martínez Y., Joaquín-Torres B. M., Limas-Martínez A. G., Joaquín-Cancino S. 2020. Dinámica de ahijamiento de *Megathyrus maximus* cv. Tanzania cosechado a diferente edad de rebrote. *Ciencia e Inoovación* 3(1):23-31.
- Patiño P.R.M., Gómez S.R., Navarro M.O.A., 2018. Calidad nutricional de Mombasa y Tanzania (*Megathyrus maximus* Jacq.) manejados a diferentes frecuencia y alturas de corte en Sucre, Colombia. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*. 13(1):17-30.
- Pilco H.L.J. 2017. Comportamiento Agronómico y Composición Química de Variedades de *Brachiarias* y *Megathyrus maximus*. Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Carrera de Ingeniería Agronómica. La Maná, Ecuador. 51 p.
- Ramírez R.O., Hernández G.A., da Silva S.C., Pérez P.J., Enríquez Q.J.F., Quero C.A.R., Herrera H.J.G., 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.

- Ramírez R. O., Flores A. I., Hernández C. E., Rojas G. A. R., Maldonado P. Ma de los A., Valenzuela L. J. L. 2020. Dinámica poblacional de tallos e índice de estabilidad del pasto llanero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. (Pub. Esp. 24).
- 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.
- Sánchez-Hernández M.A., Valenzuela-Haro Y.E., Morales-Terán G., Rivas-Jacobo M.A., Fraire-Cordero S., Hernández-Sánchez S. 2019. Crecimiento de pasto Guinea (*Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs) en respuesta a fertilización química en clima cálido húmedo. *Agroproductividad*. 12(8):47-52.
- SAS. 2013. Statistical Analysis System. Base SAS® 9.4 Procedures Guide: Statistical procedures. Second edition. SAS Institute Inc. Cary NC, USA. 550 p.
- Shyamashree R., & Mondal G.S. 2019. Guinea grass (Green panic grass). In: *Forage Crops of the World*. Volume I: pp. 153-162. Major Forage Crops. Md. Hedayetullah and Zaman P. (Eds.). *Apple Academic Press*. Canada. 394 p.
- Silveira F.C.C., Fontes C.A.A., Processi E.F., Bendia L.C.R., Pimentel P.R.S., Oliveira R.L., Bezerra L.R., Santos I.B., Rocha T.C. 2020. Growth performance and carcass traits of young nellore bulls supplemented with or without addition of lipids. *Bioscience Journal Uberlândia*. 36(2):519-526.
- Velasco Z.M., Hernández G.A., Vaquera H.H., Martínez T.J., Hernández S.P., Aguirre M.J. 2018. Growth analysis of (*Panicum maximum* Jacq.) Cv. Mombasa. *Revista MVZ Córdoba*. 23(Supl.):6951-6963. DOI: 10.21897/rmvz.1415.
- 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.