



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

CAMPUS LOMA BONITA

LICENCIATURA EN ZOOTECNIA

**CALIDAD DEL PASTO GUINEA (*Megathyrus maximus*) CV.
MOMBAZA EN FUNCIÓN DEL ESPACIO ENTRE LÍNEAS Y LA
ÉPOCA DEL AÑO**

TESIS PROFESIONAL

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN ZOOTECNIA**

PRESENTA:

VERÓNICA VELASCO ALAVEZ

DIRECTOR:

DPh. SERGIO RAMÍREZ ORDÓÑES

LOMA BONITA, OAXACA, MEXICO. 2021



Universidad del Papaloapan

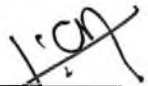
FECHA:	25 de Mayo del 2021
AREA:	Vice-Rectoría Académica
OFICIO NUMERO:	UNPA/VRA/035/2021
ASUNTO:	Autorización de Impresión de tesis.

C. Verónica Velasco Alavez
PRESENTE:

En base al artículo 120 del reglamento de alumnos, por medio de la presente se aprueba la impresión de la tesis titulada **“Calidad del pasto guinea (*Megathyrus maximus*) cv. mombaza en función del espacio entre líneas y la época del año”** así como la programación del examen profesional bajo la dirección del Dr. Sergio Ramírez Ordoñez.

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

Atentamente,
terra ubérrima, mens aperta
Bou Lo-tama, chi jí 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 Arrenal, Jefa del Departamento de Servicios Escolares
C.c.p. Dr. Sergio Ramírez Ordoñez, Director de Tesis.
C.c.p. Archivo.



Universidad del Papaloapan

Para el Bienestar de Nuestra Pátria

Licenciatura en Zootecnia

Loma Bonita, Oaxaca a 17 de mayo 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. Verónica Velasco Alavez** quien defenderá su trabajo de tesis titulado "**Calidad del pasto guinea (*Megathyrus maximus*) cv. mombaza en función del espacio entre líneas y la época del año**", para obtener el título de Licenciado en Zootecnia.

Tifulares:

Presidente: D.C. Jose Angel Rueda Barrientos
Secretario: M.C. Carlos Iván Medel Contreras
Vocal: Dr. Sergio Ramírez Ordóñez

Suplentes:

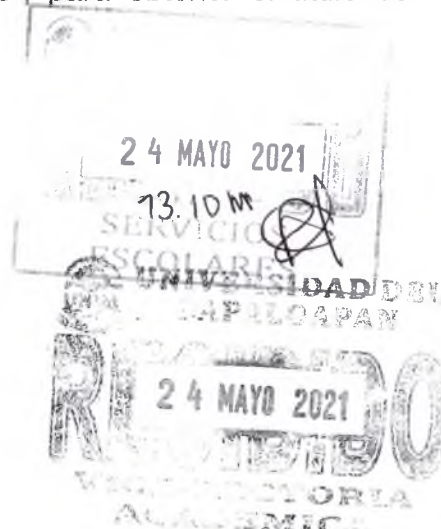
M.C. Julián Cotera Rivera
Dr. Miguel Ángel Sánchez Hernández

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

A t e n t a m e n t e

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

M.C. Héctor López Arjona
Vice-rector Académico



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



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

LICENCIATURA EN ZOOTECNIA

LA PRESENTE TESIS TITULADA **CALIDAD DEL PASTO GUINEA (*Megathyrsus maximus*) CV. MOMBAZA EN FUNCIÓN DEL ESPACIO ENTRE LÍNEAS Y LA ÉPOCA DEL AÑO**, PRESENTADA POR LA PASANTE **VERÓNICA VELASCO ALAVEZ**, BAJO LA DIRECCIÓN DEL DPh. SERGIO RAMÍREZ ORDÓÑES, HA SIDO REVISADA Y ACEPTADA POR EL JURADO REVISOR, COMO UN REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN ZOOTECNIA.

JURADO EXAMINADOR

DPh. SERGIO RAMÍREZ ORDÓÑES
DIRECTOR

DR. JOSÉ ÁNGEL RUEDA BARRIENTOS
REVISOR

M.C. CARLOS IVÁN MEDEL CONTRERAS
REVISOR

LOMA BONITA, OAXACA, MÉXICO. 2021.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la fortaleza para salir adelante, la esperanza para realizar este trabajo y por estar siempre conmigo en todos los momentos difíciles y permitirme alcanzar este importante logro en mi vida.

A mi padre Claudio Velasco Antonio, por ser mi más grande motivo de superación y por estar siempre ahí apoyándome para culminar esta etapa de mi vida.

A mi mamá María Alavez Calderón, por su apoyo incondicional que siempre me mostró, gracias por tus consejos, regaños y los sacrificios que tuviste que hacer para que lograra mi carrera. Te quiero mucho mamá y gracias por todo.

A mi novio Oscar Reyes Avila, quien me apoyó y me brindó su amor, su cariño, su apoyo constante y paciencia para terminar este trabajo. Me alentó para continuar cuando parecía que me iba a rendir.

A mi tía Refugio Velasco Antonio, por siempre ayudarme y brindándome una amistad sincera, y contar con su apoyo en las buenas y en las malas.

A mis hermanas Abigail y Aleyda, por sus compañías y los momentos felices que pasamos juntos, las quiero hermanas.

A mis amigas Rosa Anahí y Esbeydy, por la amistad que me brindaron, las quiero chicas.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Papaloapan campus Loma Bonita que me abrió las puertas al mundo; las oportunidades que me ha brindado son incomparables y por haberme forjado de conocimiento.

Le doy gracias a mis padres Claudio y María por apoyarme en todo momento, y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mi tía Refugio, a quien quiero como a una madre, por compartir momentos significativos conmigo y siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

Agradecimiento especial para mi director de tesis, Dr. Sergio Ramírez Ordoñez quien me brindó su apoyo contante y paciencia para terminar este trabajo, usted ha sido mi mano derecha y quien me ha guiado en el complicado proceso. Es cierto, no ha sido nada fácil, ni mucho menos; sin embargo, gracias a su ayuda, esto ha parecido un tanto menos complicado. Que Dios lo bendiga profe, por darme sus conocimientos, por su asesoría, y su tiempo que me brindó para llevar a cabo las correcciones y lineamientos para culminar este trabajo. ¡Gracias por su paciencia!

Agradezco mucho por la ayuda de mis profesores que me acompañaron en mi proceso de aprendizaje y quienes de una u otra manera pusieron su granito de arena para que alcanzar este logro.

Al M.C. Carlos Iván Medel Contreras y el Dr. José Angel Rueda Barrientos, agradezco mucho por la ayuda y su tiempo que me brindaron para llevar a cabo las correcciones en este trabajo. ¡Gracias!

Agradezco muchísimo a mis padres, quienes nunca dudaron que lograría este triunfo.

ÍNDICE	Pág.
LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
3. HIPÓTESIS	4
4. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1. Importancia de las gramíneas para la ganadería del trópico mexicano	5
4.3. Rendimiento de forraje del pasto <i>Megathyrus maximus</i>	7
4.4. Valor nutritivo del pasto <i>Megathyrus maximus</i>	8
4.5.1. Factores climáticos	11
4.5.2. Suelo	16
4.5.3. Fertilización.....	17
4.5.4. Factores de la planta	18
5.MATERIALES Y MÉTODOS	23
5.1. Descripción del área de estudio.....	23
5.2. Material genético utilizado.....	23
5.3. Variables estudiadas.....	23
5.4. Diseño experimental y arreglo de los tratamientos	24
5.5. Estimación de la producción de materia seca	24

5.6. Análisis de la composición química.....	25
5.7. Prueba de digestibilidad ruminal <i>in vitro</i>	25
5.8. Análisis estadístico.....	26
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
6.1. Variables climáticas.....	27
6.2. Resultados del análisis de varianza.....	29
6.3. Porcentaje de materia seca (MS).....	29
6.4. Rendimiento de forraje (RF).....	34
6.5. Composición química.....	37
6.5.1. Proteína cruda (PC).....	37
6.5.2. Componentes de la pared celular.....	39
6.6. Digestibilidad del forraje.....	43
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	45
8. LITERATURA CITADA.....	46

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1.	Temperatura, humedad relativa (HR) y precipitación total ocurridas en Loma Bonita, Oaxaca, durante las tres épocas de muestreo evaluadas.....	28
2.	Resultados de la prueba tipo 3 de efectos fijos para las variables MS, RF, PC, fracciones de fibra y digestibilidad del pasto guinea cv. Mombaza por efecto de densidad de plantas y época del año..	30
3.	Composición química y digestibilidad del pasto guinea cv. Mombaza por efecto de densidad de plantas y época del año.....	31
4.	Matriz de correlación que muestra el grado de asociación de las variables estudiadas.....	32

LISTA DE FIGURAS

Fig.		Pág.
1.	Distribución de la precipitación pluvial a través de las épocas de nortes y lluvias.....	28
2.	Efecto de la densidad de plantas sobre el contenido de materia seca (MS) del forraje del pasto <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Mombaza.....	33
3.	Efecto de la interacción densidad de plantas x épocas del año para rendimiento de forraje (RF) del pasto <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Mombaza establecido bajo temporal en Loma Bonita, Oax. México.....	35

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la producción, la composición química y la digestibilidad *in vitro* del pasto guinea (*Megathyrsus maximus*, Jacq.) cv. Mombaza por efecto de la densidad de plantas y la época del año. Las densidades consistieron de una siembra al Voleo (testigo) y cuatro distancias entre líneas (25, 50, 75 y 100 cm) y 25 cm de distancia entre plantas dentro de la línea. Se hicieron tres muestreos: en la época de nortes, época seca y época lluviosa. El diseño consistió en bloques completos al azar con cuatro repeticiones por densidad. El rendimiento de forraje (RF) por hectárea del pasto Mombaza fue mayor ($P < 0.05$) en la época de nortes y época lluviosa y menor ($P < 0.05$) en la época seca. Hubo interacción densidad x época ($P = 0.009$) para RF. La proteína cruda (PC) fue mayor a menor densidad de plantas (100 x 25 cm). El rebrote de la época seca presentó mayor ($P < 0.05$) contenido de PC que las épocas de nortes y lluviosa (10.5, 9.7 y 8.7 %). Los componentes de la fibra, excepto lignina, no difirieron entre densidades ($P > 0.05$). El menor contenido de fibra (FDN y FDA) y mayor digestibilidad de la materia seca se obtuvo en el rebrote de la época seca ($P < 0.05$). En conclusión, el mayor RF fue en época de nortes a 100 x 25 cm. En la época seca se obtuvo mejor calidad del pasto. Para obtener un rendimiento y calidad adecuados, se recomienda establecer el pasto Mombaza a una distancia entre líneas de 75 cm y entre plantas de 25 cm.

Palabras clave: Densidad de plantas, digestibilidad, ensilaje, gramíneas forrajeras, *Panicum maximum*, rendimiento de semilla.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the production, chemical composition and *in vitro* digestibility of guinea grass (*Megathyrsus maximus*, Jacq.) cv. Mombaza according to plant density and season of the year. Densities consisted a broadcasting seeds without rows (control) and four rows spacing (25, 50, 75 and 100 cm) and 25 cm plant spacing into the row. Three forage samplings were made: at seasons winter, dry and rainy. Experimental design consisted in a fully randomized blocks with four repetitions per density. The forage production (FP) per hectare of Mombaza grass was higher ($P<0.05$) in winter and rainy season and lower ($P<0.05$) in dry season. There was a density-season interaction ($P=0.009$) for FP. The crude protein (CP) content was higher at lower plant density (100 x 25 cm). The regrowth of the dry season showed a higher ($P<0.05$) CP content than winter or rainy seasons (10.5, 9.7 and 8.7 %). The content of all fiber fractions, except lignin, did not differ between densities ($P>0.05$). The regrowth of the dry season showed lower fiber content (NDF and ADF) and greater digestibility than winter or rainy seasons ($P<0.05$). In conclusion, FP was highest in winter season at 100 x 25 cm of plant density. In the dry season, there was better quality of the pasture. To obtain optimum forage yield and quality, it is recommended establish Mombaza grass at 75 cm rows spacing and 25 cm plant spacing.

Keywords: Plant density, digestibility, silage, forage grasses, *Panicum maximum*, seed yield.

1. INTRODUCCIÓN

La ganadería del trópico húmedo Mexicano presenta parámetros productivos bajos, en parte atribuidos a la baja calidad y la estacionalidad en la producción de forraje (Benítez *et al.*, 2007). Como una opción para mitigar esta problemática se han introducido pastos mejorados; incluidos del género *Megathyrsus*, especies forrajeras de suma importancia para la ganadería del trópico Mexicano (Ortega *et al.*, 2011; Hernández *et al.*, 2020).

Estos pastos presentan buen rendimiento de materia seca (10 a 30 t ha⁻¹ año⁻¹), se adaptan a suelos de moderada a buena fertilidad, son tolerantes a la sequía y excelente aceptación por el ganado (Bautista *et al.*, 2011). Para el establecimiento se requiere de 8 a 10 kg ha⁻¹ de semilla. El forraje presenta buena calidad nutritiva, con contenidos de 11.6, 68.6 y 41.1 % de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) a 45 d de rebrote (Molina *et al.*, 2015); valores que pueden variar dependiendo de la variedad, época, fertilización, edad de rebrote, entre otros (Manríquez *et al.*, 2011; Álvarez *et al.*, 2016). El rendimiento de biomasa y calidad de este pasto se atribuye a que el 80 % de la planta son hojas (Ramírez *et al.*, 2010; Hare *et al.*, 2015). Como resultado, la especie *M. maximus* es con frecuencia considerada como una de las mejores especies forrajeras en la alimentación de ganado bovino de carne (Aganga y Tshwenyane, 2004; Fernandes *et al.*, 2014; Hernández *et al.*, 2020).

En el trópico Mexicano el pasto Mombaza cosechado de 35 a 42 d de rebrote presentó 18.4, 9.6, 66.9, 6.7 y 12.7 % de MS, PC, FDN, lignina (% de FDN) y ceniza, respectivamente, y tasa de digestión de 8.3 % h⁻¹ (Juarez *et al.*, 1999).

La época del año ([Jarillo et al., 2011](#)) y la densidad poblacional de plantas, entre otros factores ([Benítez et al., 2007](#)), afectan la calidad nutritiva y el rendimiento de los pastos ([Freitas et al., 2012](#); [Pereira et al., 2012](#)). En un estudio se concluyó que la mejor composición química del pasto guinea fue en lluvias tempranas (junio-julio) seguido de la época de invierno (enero-febrero) y la peor composición química se presentó en las épocas seca (abril-mayo) y lluvias tardías (agosto-septiembre) ([Juárez et al., 2009](#)); resultado contrario a lo reportado por [Muñoz-González et al. \(2016\)](#), quienes reportaron que la composición química fue mejor en la época seca. Aunque la densidad de plantas usualmente incrementa la producción de biomasa del pasto guinea ([Freitas et al., 2012](#); [Pereira et al., 2012](#)), existe poca evidencia del efecto sobre la composición química y calidad del forraje ([Freitas et al., 2012](#)).

Los días a cosecha también influyen en el rendimiento y calidad del forraje. En su estudio [Velasco et al. \(2018\)](#) concluyeron que la mayor producción de forraje del pasto Mombaza se obtuvo al cosechar cada 40, 50, 40 y 30 d de rebrote en primavera, verano, otoño e invierno, respectivamente. Por su parte, [Hare et al. \(2015\)](#) concluyeron que cortar el pasto Mombaza a 30 d de intervalo se produce mejor calidad del forraje en términos de PC, pero el rendimiento de forraje es menor que cortar a intervalos más largos. Aunque se cuenta con información del efecto que tienen la densidad y la época del año sobre el rendimiento de biomasa y parámetros de crecimiento del pasto Mombaza, no existe información suficiente del efecto de estos factores sobre la calidad nutritiva del forraje cosechado a 30 d.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Conocer el rendimiento y calidad nutritiva del forraje del pasto guinea [*Megathyrus maximus* (Jacq.) B. K. Simon & S. W. L. Jacobs] cv. Mombaza cosechado a 30 días en función del espacio entre líneas y época del año.

2.2. Objetivos específicos

Conocer el rendimiento de materia seca por hectárea del pasto guinea en función del espacio entre líneas y la época de corte.

Conocer la composición química del forraje del pasto guinea en función del espacio entre líneas y la época de corte.

Conocer la digestibilidad verdadera *in vitro* de la materia seca y de la fibra detergente neutro del forraje del pasto guinea en función del espacio entre líneas y la época de corte.

3. HIPÓTESIS

El rendimiento y la calidad del forraje del pasto guinea cv. Mombaza, serán mayores en la época de lluvias a una distancia entre líneas de 50 a 75 cm y separación entre plantas de 25 cm.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Importancia de las gramíneas para la ganadería del trópico mexicano

En las regiones del trópico mexicano, se encuentra el 64 % del hato ganadero, en una superficie nacional del 33 %: aquí se producen el 35 % de la carne y 25 % de la leche del país. Esta producción puede incrementarse de manera sustantiva, una vez que se explote el potencial de los recursos forrajeros en estas regiones (Enríquez *et al.*, 2011).

México ocupa el octavo lugar mundial en población de ganado bovino, con un inventario de 31 millones de cabezas, cifra que corresponde al 2.31 % del hato mundial. La población ganadera se mantiene en una superficie de 147 millones de hectáreas, lo que presenta el 73 % de la superficie del territorio nacional. Las regiones ganaderas de nuestro país se encuentran divididas en tres zonas ecológicas, que son: Zona árida y semiárida, donde se localiza el 20.3 % del hato nacional, Zona templada centro, que aloja el 16.2 %, y Zona del trópico húmedo y seco, con 63.5 % de la población bovina nacional (Enríquez *et al.*, 2011).

En el trópico mexicano, la explotación de ganado bovino se realiza principalmente bajo pastoreo de gramas nativas, entre las que destacan diferentes especies de los géneros *Axonopus* y *Paspalum*, los cuales tienen bajo potencial de producción de forraje en comparación con las gramíneas introducidas, por lo que el ganadero debe utilizar fuentes locales de forrajes durante las épocas de escasez. También se explotan gramíneas introducidas, algunas naturalizadas en las áreas de pastero; como, cultivares de *Megathyrsus maximus*, pangola, estrella de África, pasto

llanero, pasto insurgente, entre otros (Enríquez *et al.*, 2011).

La importancia de los pastos y forrajes en la ganadería constituyen la dieta básica y más económica en la alimentación de rumiantes (bovinos, caprinos y ovinos), además, proporcionan materia orgánica al suelo, lo que ayuda en su conservación (Merchant y Solano, 2016). De esta manera, la fuente más económica para alimentar a los rumiantes la constituyen las praderas o pastizales, ya sean simples o asociados; los animales cosechan su propio alimento, fertilizan el campo y se obtiene ahorros por conceptos de corte, conservación y acarreo del forraje (Merchant y Solano, 2016). En consecuencia, las especies de gramíneas que se seleccionen para pastoreo, además de adaptarse a diferentes condiciones edafoclimáticas, deben tener buen rendimiento, valor nutricional y soportar la sombra, entre otros (Dumonth *et al.*, 2014).

4.2. Características botánicas y agronómicas del pasto *Megathyrus maximus*

Dentro de las características agronómicas de la especie para procesos de selección y mejoramiento genético, se encuentra la facilidad de adaptación a la oferta edafoclimática de una región, apropiada composición nutricional de la especie o material a establecer, una adecuada respuesta a la fertilización y buena producción de semillas (Belalcázar *et al.*, 1995).

Debido a su hábito de crecimiento erecto, el área de cobertura de *M. maximus* es baja (alrededor del 35 %), tiende a formar macollas dejando un buen espacio entre plantas que puede ser usado en asociación con leguminosas de crecimiento rastrero. En producción de materia seca (MS) se estima que *M. maximus* rinde entre

10 a 30 t ha⁻¹ año⁻¹ y en ocasiones mayor, como la cv. Mombaza con 33 t ha⁻¹ año⁻¹ o Tanzania de 26 t ha⁻¹ año⁻¹ y producción total de forraje verde de 165 y 132 t ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente (Jank, 2003).

Los cultivares de *Megathyrsus maximus*, como Mombaza, producen semillas todo el año, con rendimientos de 250 a 350 kg ha⁻¹ en altas temperaturas y bajas precipitaciones (mayor a 27 °C y similares a 800 mm al año). Finalmente, esta gramínea se caracteriza por ser una especie apomictica facultativa con cerca de uno por ciento de reproducción sexual, característica a tener en cuenta en procesos de obtención de semilla (Vallejo, 1988).

4.3. Rendimiento de forraje del pasto *Megathyrsus maximus*

Como en otras gramíneas tropicales, el rendimiento de forraje de *M. maximus* está directamente relacionado con la precipitación, es decir, a mayor precipitación se puede obtener mayor producción de materia seca (MS). El suelo como sostén de las plantas y principal fuente de nutrientes, influye en la composición química del forraje; una deficiencia de nitrógeno y otros elementos se traducirá en bajos contenidos de los mismos en la planta, por lo que bajo estas condiciones, es necesario corregir al elemento deficiente para alcanzar una productividad óptima. La fluctuación de la producción de forraje a lo largo del año, es variable de una región a otra, y depende de las condiciones climáticas prevalecientes; de esa forma, se puede señalar que la producción de forrajes es marcadamente estacional, y su distribución por época depende del clima, suelo, especie y manejo.

En México se reportó un rendimiento de 8,170 ± 2,817 kg de MS ha⁻¹ año⁻¹, cuya

variación se debe a la época del año, siendo la época de nortes donde ocurrió el mayor rendimiento con $4,583 \pm 2132$ kg, mientras que en la época de lluvias fue de $3,588 \pm 685$ kg (Bautista *et al.*, 2011).

En otro estudio se reporta que el rendimiento promedio de MS del pasto guinea (*M. maximus*) a 42 d de rebrote en distintos ambientes del trópico mexicano fue de $1,422$ kg ha⁻¹ en la época seca y $3,648$ kg ha⁻¹ en la época de lluvias (Enríquez *et al.*, 2013). En la localidad de Chetumal Q. Roo se obtuvo el mayor rendimiento ($5,230$ y 4777 kg ha⁻¹, para la época seca y lluviosa, respectivamente) y en la localidad de Isla, Ver. el menor rendimiento (283 y $1,487$ kg ha⁻¹, respectivamente); mientras que, en la localidad de Loma Bonita, Oax. fue de $1,112$ y $4,617$ kg ha⁻¹, respectivamente. El autor menciona que las variaciones en el rendimiento de MS se deben a las diferencias de los factores climáticos y edáficos, propias de cada localidad. Menciona, por ejemplo, que el menor rendimiento observado en la localidad de Isla Ver. es debido a la acidez y baja fertilidad que presentan estos suelos y a la limitante de la precipitación que tiene esta localidad; además de que los pastos de *M. maximus* requieren de suelos de mediana a alta fertilidad para expresar su mayor potencial de producción de biomasa.

4.4. Valor nutritivo del pasto *Megathyrsus maximus*

El aporte nutritivo de un forraje es función del consumo de nutrientes y de la eficiencia de conversión de los nutrientes ingeridos en producto animal (Hodgson, 1990). Sin embargo, el valor nutritivo es lo que determina el aporte de nutrientes, el consumo, la conversión y por tanto la calidad de un forraje. Esto debido a que el valor nutritivo de un forraje está dado por su contenido de nutrientes (composición

química) y la disponibilidad de estos nutrientes (digestibilidad) para el animal. Las pasturas y otros tipos de forrajes, muestran gran variación en su valor nutritivo en sus distintas etapas de crecimiento y en las diferentes fracciones de la planta. Estas diferencias se deben, a las variaciones en las condiciones edafoclimáticas, fertilización, al material genético y al manejo del sistema.

El forraje de *M. maximus* presenta buen valor nutritivo en comparación con otras gramíneas tropicales. Además, sobresale en rendimiento de biomasa de buena calidad, condición atribuida a que el 80 % de la planta son hojas (Ramírez *et al.*, 2010; Hare *et al.*, 2015; Fortes *et al.*, 2016). Como resultado, la especie *M. maximus* es con frecuencia considerada como una de las mejores especies forrajeras en la alimentación de ganado bovino de carne (Aganga y Tshwenyane, 2004; Fernandes *et al.*, 2014; Fortes *et al.*, 2016; Hernández *et al.*, 2020).

Respecto a la composición química, el contenido de proteína cruda (PC) de *M. maximus* puede ser 10 a 14 %, mientras que la digestibilidad de la MS puede ser de hasta 70 % (Manríquez *et al.*, 2011; Álvarez *et al.*, 2016). En el trópico Mexicano se reportó que el pasto Guinea cv. Mombaza cosechado de 35 a 42 d de rebrote presentó 18.4, 9.6, 66.9, 6.7 y 12.7 % de MS, PC, FDN, lignina (% de FDN), ceniza, respectivamente, y una tasa de digestión de 8.3 % h⁻¹ (Juarez *et al.*, 1999). Por su parte Rodríguez *et al.* (2010), observaron valores de PC entre 13.2 y 14.18 %, FDN entre 55.9 a 58.9 % y digestibilidad *in vitro* de la materia seca entre 51.4 y 52.8 %.

En su estudio, Enríquez *et al.* (2013) mencionan que el cv. Mombaza, cosechado cada siete días y en un rango de 7 a 96 d, se encontró la curva de variación en la composición química; los contenidos de MS, presentaron variaciones de 14.7 a 26.8

% a siete y 96 d de rebrote, respectivamente; para PC y FDN, los valores fueron de 14.3 a 3.1 % y 64.8 a 69.6 %, respectivamente. En el mismo estudio se observa que la composición química promedio de cuatro cultivares (Guinea, Coloniao, Vencedor y Tobiata) de *M. maximus* cosechados cada 35 y 42 d en diferentes épocas del año en el trópico mexicano son: MS, 25.4; PC, 6.5; FDN, 72.2; lignina, 6.5 %.

En relación al contenido de elementos minerales, en un estudio se observó que el pasto *M. maximus* cv. Mombaza presentó un contenido de N, P, Ca, Mg y K alto a 14 d de rebrote y bajo a 49 d, mientras que a 28 d presentó niveles intermedios con valores de 26.23, 1.97, 4.02, 3.14 y 19.11 g kg⁻¹ de MS, respectivamente. En los resultados se observó un descenso lineal en el contenido mineral en relación al periodo de descanso (14 a 49 d), atribuido a un efecto de dilución de los minerales por el avance de crecimiento de la gramínea ([Costa et al., 2017](#)).

Como se señaló antes, el valor nutritivo es influenciado por diversos factores como: época de cosecha o pastoreo, estado o porcentaje de floración, periodo de descanso, nivel de defoliación, nivel de fertilidad del suelo y la implementación de planes de fertilización ([Peters et al., 2011](#)). Por ejemplo, el contenido de PC depende de los días a cosecha o pastoreo y del estado de floración ([Peters et al., 2011](#)). En su estudio [Vallejos \(1988\)](#) reporta valores de 10.5 % durante mínima precipitación (60 días de corte o pastoreo y 10 % de floración) y 13.28 % en máxima precipitación. También, la PC puede variar entre 3 % en una gramínea tropical muy madura hasta más de 15 % en una pastura muy tierna y fertilizada.

El contenido de paredes celulares está inversamente relacionado con el contenido de proteína. El contenido de celulosa suele ser de 20 a 30 % de la materia seca, en

tanto que la hemicelulosa puede variar entre 10 y 30 %. El contenido de carbohidratos solubles de las gramíneas (glucosa, fructosa, sacarosa, rafinosa y estaquiosa) es muy variable y puede oscilar entre 2.5 y 30 % de la materia seca (Verdecia *et al.*, 2008).

La digestibilidad del forraje de *M. maximus*, también es influenciada por los factores antes mencionados. Es importante señalar que las especies forrajeras que mantienen alta digestibilidad por periodos prolongados en la estación de crecimiento, son de alto valor para la producción animal, en comparación con aquellas que tienen alta digestibilidad en su estado juvenil o etapas tempranas de rebrote, pero su digestibilidad decrece rápidamente. La disminución de la digestibilidad es más rápida en las gramíneas que en las leguminosas; en estas últimas la digestibilidad permanece alta, debido a que con la edad depositan lignina en los tallos, pero no en las hojas, mientras que las gramíneas conforme maduran, incrementan la concentración de lignina en la pared celular de las hojas, haciéndolas menos digestibles (Enríquez, 1991).

4.5. Factores que afectan la producción y la calidad nutritiva de los pastos tropicales

4.5.1. Factores climáticos. La influencia del clima en la producción y calidad nutritiva de los pastos tropicales es un fenómeno bien estudiado y explicado por la literatura especializada. Factores climáticos como la temperatura, precipitación pluvial, radiación solar, humedad relativa, vientos, ejercen gran influencia sobre el rendimiento y calidad del forraje de gramíneas tropicales (Van Soest, 1994; Enríquez *et al.*, 2011). Los pastos, al igual que los cultivos que se siembran para la

obtención de alimentos, fibra y energía, requieren condiciones específicas para desarrollarse, tales como un grado óptimo de temperatura, luminosidad y una cantidad de agua suficiente. En un estudio se demostró que el factor clima explicó el 52 % de la varianza acumulada de la producción de biomasa de los pastos *Brachiaria humidicola*, *Panicum maximum* cv. Likoni y *Cynodón nlemfuensis* cv. Estrella y los elementos definitorios fueron la precipitación pluvial y la temperatura. Por su parte, el factor manejo del sistema (carga animal, intensidad de pastoreo, altura del pasto, proporción de hojas y la especie de pasto) explicó el 25 % de la varianza (Benítez *et al.*, 2007).

4.5.1.1. Temperatura. Se sabe que la temperatura ambiental tiene gran influencia en la calidad de los pastos, especialmente en el contenido de proteína, fibra y digestibilidad del forraje (Van Soest, 1994; Benítez *et al.*, 2007). Las temperaturas óptimas para crecimiento de gramíneas forrajeras son de 30 a 35 °C mientras que las leguminosas tropicales requieren de 25 a 30 °C; si estas aumentan o disminuyen, producen plantas raquílicas, y si las diferencias son muy marcadas, pueden ocasionar su muerte. La temperatura alta afecta negativamente la calidad del forraje, mediante la modificación de la relación hoja:talló y la disminución de la digestibilidad de la materia seca debido a que se incrementa el contenido de paredes celulares y ocurre mayor lignificación de las mismas (Ford *et al.*, 1979).

Al aumentar la temperatura, la digestibilidad de la planta disminuye como resultado de la combinación de dos efectos: alta temperatura resulta en aumento de la lignificación de la pared celular (Ford *et al.*, 1979) y se promueve un incremento de la actividad metabólica con elevación de la tasa de crecimiento, lo cual disminuye el

reservorio de metabolitos en el contenido celular. Esta actividad reduce el contenido de nitratos, de proteína y de carbohidratos solubles del reservorio metabólico mientras aumentan los componentes de la pared celular. Además, a mayor temperatura aumenta la actividad enzimática asociada a la biosíntesis de lignina (Van Soest, 1994). La producción de pasto es superior cuando la temperatura del suelo es alta durante el otoño, invierno e inicio de la primavera (Korte *et al.*, 1987).

Cuando se incrementa la temperatura, se incrementan los niveles de lignina y se afecta la proporción de celulosa y hemicelulosa; componentes de la pared celular que se relacionan negativamente con la digestibilidad de la MS, especialmente con la lignina (Ford *et al.*, 1979). En resumen, la temperatura (alta o baja) es un factor muy importante en el rendimiento y calidad del forraje.

4.5.1.2. Precipitación. Las lluvias determinan la capacidad de producción de biomasa de los pastos y es el factor principal que define el rendimiento en los sistemas pastoriles (Benítez *et al.*, 2007). El pasto *M. maximus* se desarrolla bien en climas cálidos, libres de heladas, con precipitaciones superiores a los 1,000 mm, aunque existen cultivares de porte bajo que pueden desarrollarse bien en ambientes con precipitaciones de 800 mm o menores (Enríquez *et al.*, 2013).

La producción de forraje y la edad al corte de gramíneas tropicales, está altamente relacionada con el comportamiento de la precipitación y con la temperatura (Benítez *et al.*, 2007; Álvarez *et al.*, 2013). La disponibilidad de agua limita el crecimiento correcto y la producción de los pastos, además de alterar su estructura morfológica, fisiológica y biológica (Fortes *et al.*, 2016).

Las especies tropicales están adaptadas a los climas con época lluviosa y época seca o poco lluviosa bien definidas (Loch *et al.*, 2004). La duración óptima del periodo lluvioso debe ser aproximadamente de seis meses, pues si este periodo se prolonga, se produce un excesivo crecimiento vegetativo y se afecta la floración. Por otro lado, la época seca facilita las operaciones de cosecha (corte) y secado del forraje para heno (Fortes *et al.*, 2016); sin embargo, en esta época la producción de biomasa puede reducirse hasta en 50 % respecto a la época lluviosa (Benítez *et al.*, 2007). Esto se explica por una disminución en la velocidad de rebrote, es decir, en el alargamiento del tiempo de reposo necesario para que la planta acumule suficientes reservas para un rebrote vigoroso después de la cosecha (Fernández *et al.*, 2001). Al respecto Román-Ponce *et al.* (2009) mencionan que el tiempo de reposo del pasto guinea *P. maximum* debe ser entre 50 a 60 d en época de nortes, 40 a 55 d en lluvias y 88 d en la época seca. Sin embargo, aunque esta información es una buena referencia general, lo mejor es establecer los periodos de descanso de acuerdo a la intensidad de pastoreo y carga animal y a la cantidad de lluvia promedio registrada en cada época del año en una región determinada.

En el estudio de Benítez *et al.* (2007), se demostró que las tasas relativas y absolutas de crecimiento y la velocidad de rebrote de los pastos varían con la época del año y con la especie que se evaluó. En su estudio concluyeron que la producción de biomasa de los pastos tiene un marcado carácter estacional. El rendimiento en la época poco lluviosa fue la mitad del que se obtuvo en la época de lluvias. Lo cual hace necesario utilizar cargas variables o técnicas de pastoreo para compensar el déficit de forraje en la época más seca del año, así como el uso de suplementos

concentrados y/o la utilización de ensilados de maíz, sorgo o de pastos.

En su estudio [Ramírez et al. \(2010\)](#) encontraron que el rendimiento de forraje del pasto Mombaza durante la época de lluvias fue 559 % mayor, en comparación con el rendimiento de la época seca. En un experimento de dos años que derivó en dos publicaciones ([Fortes et al., 2014](#); [Fortes et al., 2016](#)), en el primer año de estudio los autores observaron un rendimiento de 7.58 t ha⁻¹ de MS en la época lluviosa y 3.89 t ha⁻¹ en la época menos lluviosa (seca), mientras que en el segundo año fue de 10.17 y 1.99 t ha⁻¹, respectivamente. Finalmente, en su estudio [Santos et al. \(2011\)](#) constataron una disminución de 22.4 y 36.7 % en la producción de forraje en cvs. de *Pennisetum sp.* cuando se restringió la irrigación 7 y 21 d, respectivamente. Los estudios anteriores demuestran el efecto negativo de la escases del recurso hídrico en los pastos tropicales, en particular en el rendimiento de biomasa forrajera que puede verse disminuida 50 % o más en la época más seca del año.

4.5.1.3. Fotoperiodo. La luminosidad o fotoperiodo influye fuertemente en la producción de forraje. A menor luminosidad (fotoperiodo) disminuye el crecimiento de los pastos, tal como ocurre en la época de norte o invierno ([Enríquez et al., 2011](#)).

Se ha observado que la intensidad de luz alta (HLI, por sus siglas en inglés) estimula el crecimiento, macollamiento y el rendimiento de biomasa e incrementa la proporción de tallos. También se incrementa el número de células esclerénquimas (células muertas, de sostén), el grosor de la pared celular en todos los órganos y contenido de componentes de la pared celular. La HLI también puede reducir de forma importante la concentración de nitrógeno total, el nitrato como nitrógeno (NO₃-N) y cenizas. Se reduce la digestibilidad de los constituyentes de la pared celular de

las láminas de las hojas, pero aumenta en la vaina de las hojas y en los tallos, especialmente en cultivares de *M. maximus* (Denium *et al.*, 1996).

En su estudio Denium *et al.* (1996) observaron que el tejido esclerénquima se asoció con los constituyentes de la pared celular, pero no con la digestibilidad de la pared celular. Como resultado de ese efecto se obtuvo mayor digestibilidad de la materia orgánica de la planta completa a intensidad de luz baja. Así, con una intensidad de luz baja, media (normal) y alta, encontraron que la digestibilidad de los tallos de *M. maxumus* fue de 37.7, 61.8 y 59.7 %, mientras que la digestibilidad de la lámina de la hoja fue de 78.0, 73.6 y 70.3 % y la digestibilidad de la planta completa fue de 55.1, 60.4 y 58.0 %, respectivamente.

4.5.2. Suelo. Diversas características edáficas pueden influir sobre el rendimiento de forrajes; entre las más importantes se encuentra: el nivel de fertilidad, la textura, la humedad la aireación y algunas condiciones especiales como acidez, alcalinidad, salinidad, toxicidad de elementos, la erosión y la pendiente. Para el establecimiento de *M. maximus*, los suelos deben ser bien drenados, poco arcillosos de preferencia franco-arenosos, con fertilidad de media a alta y buen drenaje en el suelo, aunque algunos cultivares toleran bien la fertilidad baja y pobre drenaje. Esta especie tolera suelos con pH bajo (5 a 8) y altos contenidos de aluminio, como los cultivares Vencedor y Centenario que fueron diseñados para esa tolerancia; otros cultivares requieren encalado de suelos ácidos ultisol y oxisol para mejor adaptación. Esta especie no tolera el anegamiento o la salinidad. Resiste bien las sequías debido a su sistema radical que tiende a un mayor crecimiento, aunque no resisten periodos de sequía de 4 a 5 meses (Jank, 2003; Román-Ponce *et al.*, 2009).

4.5.3. Fertilización. Se ha demostrado que la fertilización nitrogenada en gramíneas tropicales incrementa el rendimiento de MS y la concentración de nitrógeno (N) en el forraje ([Johnson et al., 2001](#)). También, se ha señalado que la fertilización con N puede alterar el valor nutritivo de los pastos tropicales al incrementar la densidad de los tallos (amacollamiento o rebrotes), el número de hojas y expansión del área foliar ([Pontes et al., 2016](#)). Sin embargo, la fertilización con N tiene poco efecto directo o tiene efectos variables sobre el valor nutritivo ([Pontes et al., 2007](#)). Por ejemplo, estudios muestran incremento ([Bartl et al., 2009](#)), otros reducción ([Johnson et al., 2001](#)) y otros poco o nulo efecto ([Pitman, 2012](#)) del nivel de fertilización con N sobre el contenido de FDN. En dos estudios ([Johnson et al., 2001](#); [Pontes et al., 2016](#)) se concluyó que la fertilización con N puede tener gran impacto sobre el valor nutritivo de las gramíneas tropicales, respuesta que está muy relacionada con la especie e intensidad de corte ([Pereira et al., 2012](#)).

Según [Enríquez et al. \(2011\)](#), la fertilización nitrogenada incrementa el contenido de proteína en las plantas forrajeras y en algunas situaciones se han observado incrementos variables en la digestibilidad de la MS y consumo del forraje. También mencionan que el efecto de fertilizar con N sobre el contenido de PC en los pastos, depende del nivel de fertilidad del suelo; en suelos pobres, la fertilización con N produce rendimientos y contenidos de proteína más notables, en comparación cuando se aplica N sobre suelos fértiles. Sin embargo, como se mencionó antes, la respuesta a la fertilización sobre el valor nutritivo de los pastos tropicales está estrechamente relacionada con la especie forrajera.

Debe mencionarse que además del N, existen otros elementos que actúan en el

rendimiento de MS y la modificación del valor nutritivo de los forrajes; por ejemplo, el fósforo, potasio, calcio, magnesio y el azufre; y elementos trazas como el fierro, manganeso, zinc, cobre, cobalto, molibdeno y boro (Enríquez *et al.*, 2011).

En general, se recomienda que la fertilización de los pastos debe ser adecuada a la especie, intensidad de corte o pastoreo, a la época en que lo requiere, y de acuerdo a los contenidos de nutrimentos presentes en el suelo.

La fertilización con 78 kg de N ha⁻¹ después del corte de tres gramíneas tropicales, incrementó la biomasa en 129 % comparado con no fertilizar; además, se observó que por arriba de este valor no se obtuvieron efectos significativos en la producción (Johnson *et al.*, 2001). En otro estudio con *P. maximum* cv. Mombasa y Tanzania se observó que aplicar 60 kg de N ha⁻¹ cada 40-60 d resulta razonable para obtener en la época de lluvias rendimientos de entre 8 a 12 t ha⁻¹ de MS, con 68 a 70 % de hojas y contenido de PC en las hojas mayores de 7 % (Hare *et al.*, 2015).

4.5.4. Factores de la planta

4.5.4.1. Edad de rebrote. La edad de rebrote es uno de los factores principales que afecta el valor nutritivo de una planta forrajera. En las gramíneas tropicales, el avance en las etapas fenológicas determina la calidad del forraje. Al avanzar la madurez disminuye el contenido de proteína y la digestibilidad y aumenta el contenido de paredes celulares al mismo tiempo que disminuye el contenido celular (Van Soest, 1994). A medida que la edad del pasto avanza, se observa un aumento en la biomasa, en detrimento de la calidad del forraje, específicamente reducción de la PC y aumentos en el contenido de FDN, FDA y lignina (Tilahun *et*

[al., 2017](#)). Esto ocurre por la acumulación de tejido de soporte (tallos) de la planta y cambios en la organización interna de la pared celular (aumenta la lignificación) lo que hace al forraje menos digestible ([Van Soest, 1994](#)). No obstante, lo anterior puede ser controlado mediante el manejo del pastoreo o edad de corte del forraje para su conservación, ya sea forma de ensilado o heno ([Verdecia et al., 2012](#)).

La edad del rebrote es particularmente importante en los pastos de corte, ya que, para acumular grandes cantidades de materia seca, se dejan madurar por mucho tiempo, lo cual ocasiona un detrimento de sus contenidos de proteína, por lo que no deben utilizarse más allá de los 90 d de rebrotos. La madurez o edad de las plantas es el principal factor que afecta la morfología y determina la calidad de forraje, siendo esta última el resultado de una disminución de la relación hoja:tallo. La menor calidad del tallo se asocia con mayor lignificación de los tejidos estructurales, y disminución en los contenidos de proteínas cruda en la fracción celular, lo que ocasiona un decremento gradual de la digestibilidad.

En un estudio llevado a cabo en Veracruz, Méx. por [Ortega et al. \(2011\)](#) en diez gramíneas tropicales cosechados a 3, 6, 9 y 12 semanas de rebrote en la época lluviosa, se observó que la PC y la digestibilidad *in situ* de la MS disminuyeron significativamente 0.42 y 1.50 % por semana; mientras que la FDA y la lignina aumentaron significativamente 1.21 y 0.19 % por semana. El contenido de FDN no mostró efecto de edad de rebrote ($P=0.0527$) ni especie forrajera ($P=0.1618$). La edad de rebrote 12 semanas mostró cambios significativos en el valor nutritivo respecto a la edad 3 a 9 semanas donde los cambios no fueron importantes, a excepción la digestibilidad que fue mejor en las semanas 3 y 6 de rebrote.

También en Veracruz, [Román-Ponce et al. \(2009\)](#) reportan un contenido de MS de 22.5 %; PC, 7.4 %; FDN, 69.3 % y lignina 6.2 % en el pasto guinea *P. maximum* cosechado a 28 d de rebrote.

4.5.4.2. Densidad de plantas. La densidad poblacional de plantas es un factor importante que determina la habilidad competitiva de un determinado cultivo para adquirir recursos de crecimiento en un ambiente determinado, que posteriormente, afecta su rendimiento y calidad de los nutrientes que contiene ([Ishiaku et al., 2016](#)).

La densidad de plantas está determinada por el método de siembra, la cantidad de semillas por hectárea o metro cuadrado, la distancia que hay de planta a planta dentro de un surco o la distancia que hay de planta a planta entre surcos. Cualquiera de estas prácticas y/o su combinación puede tener efecto importante sobre la densidad poblacional de plantas y en consecuencia sobre el rendimiento y calidad de un forraje. Por otro lado, la especie y variedad, así como las variables edafoclimáticas presentes en una región determinada, son factores que afectan de manera importante el rendimiento y calidad de un forraje, de ahí que en la mayoría de los casos que se estudian, se presenten resultados variables.

De acuerdo a lo citado por [Pereira et al. \(2012\)](#), aumentar la densidad de plantas usualmente implica incrementos en la producción de forraje; sin embargo, en su estudio los autores no observaron tal efecto. En otro estudio se observó que incrementar la densidad de siembra (2 hasta 12 kg ha⁻¹ de semilla) tuvo efecto positivo en la producción de forraje de los cvs. Mombasa y Tansania en los primeros tres meses de edad, pero a partir de entonces no hubo diferencias significativas en

la producción total de MS. Densidades de siembra más bajas produjeron menos brotes/m² que densidades de siembra más altas, pero estos pocos brotes fueron significativamente más pesados que los brotes más numerosos pero más pequeños que se produjeron al incrementar las tasas de siembra. Los autores recomendaron sembrar el pasto guinea (Mombasa o Tansania) a una densidad de 4 kg ha⁻¹ de semilla, incrementar la densidad no implicó mayor producción ([Hare et al., 2014](#)).

En un estudio con un Pennisetum (*P. pedicellatum* Trin.), se evaluó el efecto de tres espacios entre plantas dentro del surco (10, 30 y 50 cm) y separación entre surcos de 50 cm en todos los tratamientos, se observó que solo la longitud de hoja fue la única variable afectada por el espacio entre plantas. El rendimiento de MS y la composición química no mostraron cambios significativos por el espaciamiento de siembra de las plantas ([Tilahum et al., 2017](#)).

En un estudio con sorgo negro o pasto Columbus (*Sorghum almum*) se evaluaron tres espacios entre plantas (25, 50 y 75 cm) a 85 cm de espacio entre surcos, se encontró que el mayor rendimiento y calidad del forraje se obtuvo a la densidad más alta (25 x 85 cm). Así, el rendimiento de MS fue de 11.3, 9.1 y 3.7 t ha⁻¹, respectivamente. No se observaron diferencias en el contenido de PC, FDN y lignina por efecto del espacio entre plantas; sin embargo, el contenido de FDA, hemicelulosa y celulosa fueron menores con el tratamiento 25 x 85 cm ([Ishiaku et al., 2016](#)). Un estudio similar fue conducido por [Gumel et al. \(2020\)](#), con espacios entre plantas de 15, 20, 25, 30 y 35 cm y entre surcos de 25 cm; sin embargo, ellos encontraron que el mejor rendimiento y calidad del forraje de *Sorghum almum* se obtuvo con la densidad más baja (35 x 25 cm); no obstante, por presentar mayor

contenido de PC (19.9 %) y menor contenido de fibra (57.1 %), la densidad 25 x 25 cm es buena opción para obtener forraje con mayor valor nutritivo.

En otro estudio se evaluó el rendimiento de biomasa y producción y calidad de semilla del pasto *P. maximum*, establecido a cuatro espacios entre surcos (20, 40, 60 y 80 cm). Los resultados mostraron que el espacio entre surcos de 60 cm mejoró el rendimiento de MS/ha y la cantidad y calidad de la semilla. Así, el rendimiento de MS fue de 4.4, 5.7, 6.4 y 5.5 t ha⁻¹ y el rendimiento de semilla fue de 85.4, 245.6, 392.1 y 338.0 kg ha⁻¹, respectivamente. Adicionalmente, se observó que ampliar el espacio entre surcos se produjeron semillas más grandes y las plántulas de estas semillas resultaron más vigorosas ([Basile et al., 2019](#)).

Finalmente, en su estudio [Wilaipon et al., \(2000\)](#), evaluaron el pastos guinea (*P. maximum*) establecido a cuatro espacios entre surcos (25, 50, 75 y 100 cm) y 10 cm de planta a planta dentro del surco. Los resultados mostraron que el rendimiento de MS fue más alto cuando el pasto se plantó a 25 cm de espacio entre surcos, pero no fue significativamente diferente al espaciado de 50 y 75 cm; mientras que plantar a 100 cm, significó menor rendimiento. Los autores sugirieron establecer el pasto guinea a 75 cm de espacio entre surcos y a 10 cm dentro del surco.

Lo anterior muestra que la respuesta a la densidad poblacional de plantas en el rendimiento y calidad del forraje es muy fluctuante, lo cual puede deberse a varios factores, tales como especie forrajera, fertilidad del suelo, prácticas de manejo del cultivo y condiciones climáticas prevalecientes en cada experimento durante el proceso de desarrollo del cultivo.

5.MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Descripción del área de estudio

El presente estudio se realizó bajo condiciones de temporal en el campo experimental de la Universidad del Papaloapan (UNPA), campus Loma Bonita, Oaxaca, México. Las coordenadas del lugar son: 18° 06' 06" LN y 95° 53' 48" LO a 33 msnm. El clima es cálido subhúmedo, con lluvias abundantes en verano (Aw₁). La precipitación promedio anual es de 1,845 mm y la temperatura promedio de 24 °C. El suelo es de textura arena migajosa y pH de 3.68.

5.2. Material genético utilizado

Las muestras de forraje de pasto guinea cv. Mombaza se tomaron de una pradera previamente establecida en el campo experimental de la UNPA. Para establecer esa pradera se usó semilla de pasto Guinea [*Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs] cv. Mombaza.

5.3. Variables estudiadas

Las variables estudiadas fueron: contenido de materia seca (MS) del forraje cosechado, el rendimiento de forraje (RF) por hectárea (kg ha⁻¹) en base a MS, el contenido porcentual (en base a materia seca) de proteína cruda (PC), cenizas, fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina detergente ácida (LDA), hemicelulosa (HCL), celulosa (CLL) y la digestibilidad *in vitro* a 48 h de la materia seca (DIVMS) y de la fibra detergente neutro (DIVFDN).

5.4. Diseño experimental y arreglo de los tratamientos

La siembra de la pradera se hizo de forma manual al voleo (método tradicional, testigo) en terreno plano (sin líneas o surcos) a 5.5 kg ha⁻¹ de semilla, y en líneas separadas a cuatro espacios (25, 50, 75 y 100 cm) y un espacio entre plantas de 25 cm. Cada parcela tenía medidas de 4 x 3 m y se contó con cuatro parcelas para cada tratamiento. A la siembra se fertilizó con 50-50-50 N-P-K, usando como fuentes urea, superfosfato de calcio triple y cloruro de potasio.

Para medir el efecto de la época del año, en las parcelas se hicieron tres muestreos: un muestreo en el mes de noviembre, correspondiente a la época de nortes; otro en marzo, época seca; y un tercero en julio, época lluviosa. Todos los cortes se hicieron a 30 d de rebrote y a cinco cm sobre el nivel del suelo. El diseño experimental fue en bloques completos al azar con cuatro distancias entre líneas (25, 50, 75, 100 cm) y al Voleo (testigo) con cuatro repeticiones y tres épocas de corte.

5.5. Estimación de la producción de materia seca

Para calcular el contenido de MS del forraje, en cada parcela se cortó el total de pasto presente en 1 m² a una altura de 5 cm sobre el nivel del suelo, usando una tijera de poda a dos manos; de cada muestra se registró el peso en fresco (PF), el total de muestra fresca se introdujo en una bolsa de papel con orificios y se llevó a peso constante en un horno de convección forzada a 65 °C por 48 h, y se registró el peso en seco (PS). El contenido de MS se obtuvo por la diferencia entre el PF y PS, de la manera siguiente:

$$\% \text{ de humedad} = (\text{PF} - \text{PS})/\text{PF} \times 100$$

$$\text{MS (\%)} = 100 - \% \text{ de humedad}$$

El RF (kg ha^{-1}) se estimó extrapolando el PS del forraje cosechado en 1 m^2 a una hectárea mediante: $\text{PS en } 1 \text{ m}^2 \times 10,000 \div 1,000$. Después las cuatro muestras fueron molidas a 1 mm en un molino Wiley (Arthur H. Thomas Co., Philadelphia, PA) para su posterior análisis químico y estudio de digestibilidad verdadera *in vitro*.

5.6. Análisis de la composición química

Para conocer la composición química de las muestras, se estimó la materia seca total ($105^\circ\text{C}/12 \text{ h}$; AOAC, 934.01), la materia orgánica y cenizas ($600^\circ\text{C}/6 \text{ h}$; AOAC, 942.05), y el contenido de PC ($\% \text{ de N} \times 6.25$; AOAC, 978.04). La FDN, la FDA (Van Soest *et al.*, 1991) y la LDA (Goering y Van Soest, 1970), se determinaron secuencialmente en el equipo Ankom200 (Ankom Technology, Fairport, NY) usando bolsas filtro F57 con tamaño de poro de $25 \mu\text{m}$ (Ankom Technology, Fairport, NY). La concentración de HCL y CLL se obtuvo mediante la diferencia entre FDN y FDA y entre FDA y LDA, respectivamente. En la determinación de FDN se usó α -amilasa y Na_2SO_3 para remover el almidón y el nitrógeno de la muestra, respectivamente. Para determinar la LDA, después de la prueba de FDA, las bolsas fueron sumergidas en H_2SO_4 al 72 % por tres horas, con agitación cada 30 minutos.

5.7. Prueba de digestibilidad ruminal *in vitro*

La DIVMS y la DIVFDN se determinaron mediante incubar por 48 h muestras duplicadas de cada tratamiento en bolsas filtro Ankom F57[®] en la incubadora Daysill (Ankom Technology, Fairport, NY). Para esta prueba se utilizó la metodología propuesta por la compañía Ankom[®]. El inculo ruminal usado para esta prueba se

tomó directamente del rumen de tres vacas recién sacrificadas en el rastro municipal de Loma Bonita.

5.8. Análisis estadístico

Los datos de cada variable se analizaron considerando el factor espacio entre líneas, época del año y espacio x época del año como efectos fijos, mientras que el bloque fue considerado aleatorio. La comparación de medias se hizo con la prueba de Tukey a una significancia de $P \leq 0.05$, y se consideraron como tendencia valores entre $P > 0.05$ y $P < 0.10$. También se estimó el coeficiente de correlación de Pearson (r) para conocer el grado de asociación entre las variables estudiadas. Los análisis se realizaron con el procedimiento de modelos lineales generales (GLM) del paquete estadístico SAS ([SAS, 2002](#)).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Variables climáticas

La precipitación total fue similar para las épocas nortes y lluviosa; mientras que para la época seca no se registró precipitación en el periodo, dado que los 19 mm ocurridos en esta época ocurrieron el día del muestreo (Cuadro 1). En la época de nortes ocurrieron 63 mm más que en la época lluviosa; no obstante, esto se debió en parte a que el periodo considerado tuvo nueve días más que el segundo (39 vs. 30 d) lo cual permitió mayores registros de precipitación (Cuadro 1). En la época lluviosa la distribución de la precipitación fue más uniforme; por el contrario, en la época de nortes el 34 % de la precipitación ocurrió en un solo día, el 19 de Octubre (Figura 1). En este estudio, después del corte de uniformidad en cada época evaluada, no ocurrió la precipitación suficiente que permitiera el desarrollo y crecimiento óptimo de las plantas de *M. maximus* cv. Mombaza lo que seguramente influyó sobre el rendimiento y composición química del forraje.

Es bien sabido que la cantidad de lluvia o agua de riego repercute en gran medida en el rendimiento de biomasa de los pastos tropicales y de las plantas en general. Se ha observado que el rendimiento de forraje se relaciona fuertemente con la cantidad de agua que dispone el cultivo; en consecuencia, la oferta de forraje de las gramíneas que crecen en zonas tropicales, este marcado por la estación o época del año. En su estudio Benítez *et al.* (2007) observaron una disminución de 50 % en el rendimiento de biomasa en la época de secas respecto a la época lluviosa.

En el trópico mexicano, particularmente en la región del Papaloapan, en la época de nortes, equivalente a la época poco lluviosa que se menciona en otras

Cuadro 1. Temperatura, humedad relativa (HR) y precipitación total ocurridas en Loma Bonita, Oaxaca, durante las tres épocas de muestreo evaluadas.

Época	Temperatura (°C)			HR (%)	Precipitación (mm)
	Max.	Min.	Prom.		
Nortes (09/Oct-17/Nov)	29.6	22.1	25.5	90.2	383
Secas (20/Feb-21/Mar)	29.9	19.5	24.9	83.2	19
Lluvias (21/Jun-21/Jul)	32.7	23.6	27.9	86.4	320

Fuente. Fuerza Aérea Mexicana, 2015, Estadística meteorológica mensual. Dirección de Servicio Meteorológico. Estación Loma Bonita, Oaxaca, México.

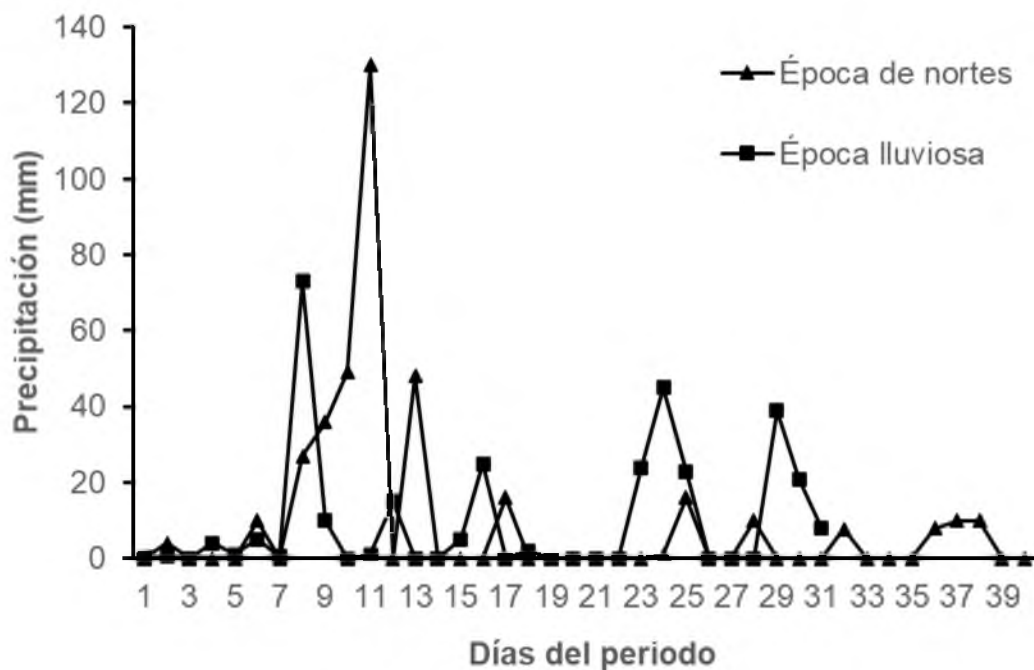


Figura 1. Distribución de la precipitación pluvial a través de las épocas de nortes y lluvias.

publicaciones, se tienen registros pluviales promedios de 200 o 1,000 mm, como en este estudio. Esto garantiza el desarrollo de estas gramíneas, especialmente las especies de *M. maximus* que son plantas que pueden desarrollarse bien con precipitaciones por debajo de los 800 mm (Enríquez *et al.*, 2013).

6.2. Resultados del análisis de varianza

En el Cuadro 2 se observa que el rendimiento de forraje (RF), las variables de composición químicas y digestibilidad variaron en función de la época del año, mientras que el RF, el contenido de MS, PC y LDA difirieron en respuesta a la densidad de plantas. Por su parte, la interacción densidad x época fue significativa solo para RF y el contenido de CLL.

6.3. Porcentaje de materia seca (MS)

El contenido promedio de MS fue 24 %. En la densidad 100 x 25 cm fue menor mas no fue diferente de 75 x 25 cm. La MS fue mayor ($P < 0.05$) en la época seca, intermedio en época lluviosa y menor en la época de nortes (Cuadro 3).

Las matrices de correlación del grado de asociación entre las variables estudiadas se muestran en el Cuadro 4. De este análisis de correlación (r) se observó que la MS tendió a cambiar en relación a la densidad (-0.2520 ; $P = 0.052$); a menor densidad de plantas (100 x 25 cm) menor contenido de MS (Figura 2), aunque esto no significó una disminución en el RF; a menor contenido de MS fue mayor el RF. Este resultado puede explicarse por un mayor rebrote ocurrido en las densidades 75 x 25 y 100 x 25 cm, lo que implicó mayor desarrollo de hojas tiernas con más contenido de agua y mayor crecimiento y desarrollo de tallos, que coincide con

Cuadro 2. Resultados de la prueba tipo 3 de efectos fijos para las variables MS, RF, PC, fracciones de fibra y digestibilidad del pasto guinea cv. Mombaza por efecto de la densidad de plantas y época del año.

Variable	Fuente de variación		
	Densidad	Época	Densidad* Época
Grados de libertad	4	2	8
MS	**	***	NS
RF	***	***	**
PC	***	***	NS
FDN	NS	***	NS
FDA	NS	***	NS
LDA	**	***	NS
HCL	NS	*	NS
CLL	NS	***	*
DIVMS	NS	***	NS
DIVFDN	NS	***	NS

NS = no significativo; * ≤ 0.05 ; ** ≤ 0.01 ; *** ≤ 0.001 .

Densidad = voleo (sin líneas) y 25, 50, 75 y 100 cm de separación entre líneas; Época = nortes, seca, lluviosa; MS = materia seca; RF = rendimiento de forraje (kg ha^{-1}); PC = proteína cruda; FDN = fibra detergente neutro; FDA = fibra detergente ácido; LDA = lignina detergente ácido; HCL = hemicelulosa; CLL = celulosa; DIVMS = digestibilidad *in vitro* de la MS; DIVFDN = digestibilidad *in vitro* de la FDN.

mayor contenido de PC y LDA del forraje cosechado en estas densidades ([Cuadro](#)

3). En un estudio se observó que el mayor rendimiento de forraje se obtuvo con la densidad más baja. Los autores explicaron que las plantas establecidas a menor densidad produjeron tallos más grandes y más pesados que las plantas establecidas a densidades más altas ([Hare et al., 2014](#)). En el mismo [Cuadro 4](#), también se presenta una correlación importante entre MS y época, así como una correlación negativa entre MS y componentes de la pared celular y relación positiva con la DIVMS y DIVFDN.

El contenido mayor de MS en la época de seca puede explicarse por el crecimiento más lento y menores rebrotes en las plantas debido a la escases de agua. Lo contrario ocurrió en las épocas de nortes y lluviosa, donde la mayor precipitación

Cuadro 3. Composición química y digestibilidad del pasto Guinea cv. Mombaza por efecto de la densidad de plantas y época del año.

Variable	Densidad					EEM	Valor P
	Voleo	25 cm	50 cm	75 cm	100 cm		
MS	24.9 ^a	25.0 ^a	24.6 ^a	23.9 ^{ab}	22.8 ^b	0.440	0.0036
PC	9.1 ^b	9.1 ^b	9.3 ^b	9.8 ^{ab}	10.4 ^a	0.205	<.0001
FDN	66.9	66.6	66.1	67.1	67.4	0.360	0.1483
FDA	34.5	34.8	34.6	35.3	35.7	0.435	0.2821
LDA	2.97 ^{ab}	2.60 ^b	3.36 ^a	3.46 ^a	3.29 ^a	0.153	0.0014
HCL	32.7	32.5	32.1	32.6	32.0	0.368	0.5939
CLL	31.8	32.6	31.5	31.7	32.5	0.375	0.1420
DIVMS	70.4	69.7	69.0	69.5	68.9	0.588	0.4116
DIVFDN	55.6	54.6	53.3	54.8	53.9	0.797	0.3347

	Época			EEM	Valor P
	Nortes	Seca	Lluviosa		
MS	20.9 ^c	27.1 ^a	24.8 ^b	0.341	<.0001
PC	9.4 ^b	10.5 ^a	8.7 ^c	0.159	<.0001
FDN	68.5 ^a	63.5 ^b	68.5 ^a	0.279	<.0001
FDA	36.3 ^a	31.3 ^b	37.3 ^a	0.337	<.0001
LDA	3.38 ^b	2.16 ^c	3.87 ^a	0.119	<.0001
HCL	32.7 ^a	32.7 ^a	31.8 ^b	0.285	0.0468
CLL	33.6 ^a	29.2 ^b	33.4 ^a	0.290	<.0001
DIVMS	67.9 ^b	74.3 ^a	66.3 ^c	0.456	<.0001
DIVFDN	53.2 ^b	59.4 ^a	50.8 ^c	0.618	<.0001

^{a,b,c} Medias con diferente letra en la misma fila, son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$). EEM: error estándar de la media.

favoreció un mayor desarrollo de hojas y tallos en las plantas, que se explica por el mayor contenido de paredes celulares, aunque menor contenido de PC debido, probablemente, a la dilución del N por mayor producción de biomasa.

El contenido de materia seca y/o humedad en un forraje al momento de la cosecha, está muy relacionado con el rendimiento y la calidad de éste. En nuestro estudio, el pasto *M. maximus* cosechado a 30 d, presentó un contenido promedio de MS dentro del rango normal. A similares días de rebrote se reportaron valores de 23 % (Aganga y Tshwenyane, 2004), 22.5 % (Juarez *et al.*, 1999), 23.7% (Patiño *et al.*, 2018).

Cuadro 4. Matriz de correlación que muestra el grado de asociación de las variables estudiadas.

	Densidad	Época	MS	RF	PC	FDN	FDA	HCL	LDA	CLL	DIVMS
Época	0.0000 1.0000										
MS	-0.2520 0.0521	0.5156 <.0001									
RF	0.2626 0.0426	-0.2579 0.0466	-0.6509 <.0001								
PC	0.4353 0.0005	-0.2327 0.0735	0.0793 0.5470	-0.2486 0.0555							
FDN	0.0791 0.5479	0.0061 0.9631	-0.6436 <.0001	0.6417 <.0001	-0.4229 0.0008						
FDA	0.1367 0.2977	0.1411 0.2821	-0.5895 <.0001	0.6200 <.0001	-0.4204 0.0008	0.8898 <.0001					
HCL	-0.1505 0.2510	-0.2828 0.0285	0.0485 0.7132	-0.0993 0.4503	0.0609 0.6437	0.0080 0.9515	-0.3996 0.0016				
LDA	0.2272 0.0809	0.2167 0.0964	-0.359 0.0048	0.5897 <.0001	-0.3246 0.0114	0.6739 <.0001	0.7698 <.0001	-0.3833 0.0025			
CLL	0.0323 0.8065	-0.0387 0.7692	-0.6713 <.0001	0.5596 <.0001	-0.4104 0.0011	0.8607 <.0001	0.9152 <.0001	-0.2489 0.0551	0.5249 <.0001		
DIVMS	-0.1162 0.4472	-0.1724 0.2575	0.5535 <.0001	-0.6220 <.0001	0.4646 0.0013	-0.8559 <.0001	-0.8739 <.0001	0.1306 0.3926	-0.7233 <.0001	-0.7681 <.0001	
DIVFDN	-0.1044 0.4951	-0.2261 0.1354	0.4535 0.0018	-0.5745 <.0001	0.4653 0.0013	-0.7339 <.0001	-0.8009 <.0001	0.2212 0.1443	-0.6840 <.0001	-0.6773 <.0001	0.9792 <.0001

Las correlaciones más importantes están resaltadas en color rojo intenso.

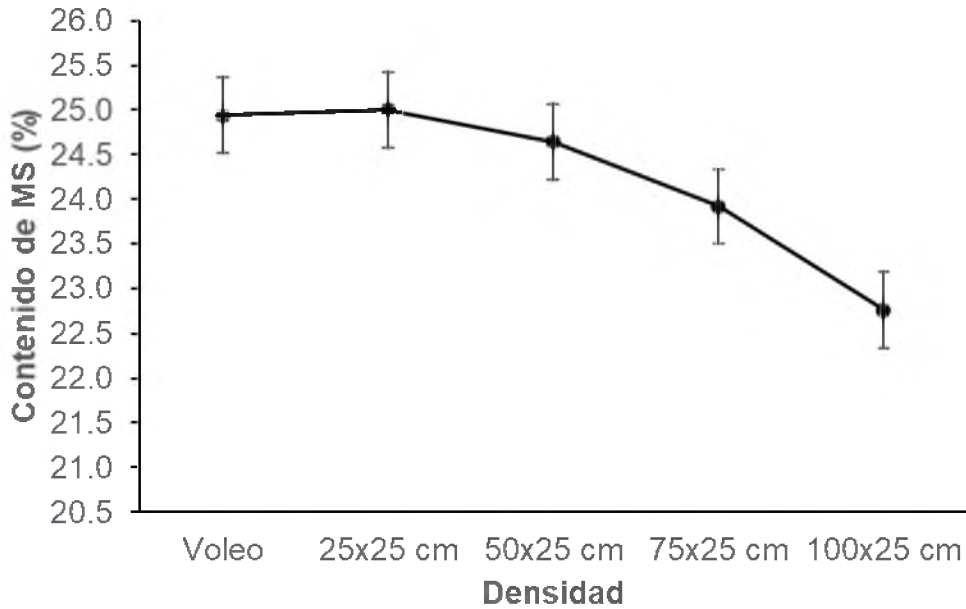


Figura 2. Efecto de la densidad de plantas sobre el contenido de materia seca (MS) del forraje del pasto *Megathyrus maximus* cv. Mombaza.

Otro estudio reportó 20.1 % a 42 d de rebrote (Bamikole *et al.*, 2004). A mayores días de rebrote (61 d) se observó un rango de 21.1 a 24.4 % en seis gramíneas tropicales (Arroquy *et al.*, 2014). De lo anterior se puede observar que las gramíneas tropicales mantienen un contenido de MS constante, a pesar de incrementarse los días de rebrote. Esto está relacionado con la especie forrajera, época del año y la capacidad de crecimiento o rebrote, que depende a su vez de la disponibilidad de agua, nutrientes y días de reposo.

Respecto a la época del año, en la época lluviosa se reportó un valor de 27 % a 60 d (Fortes *et al.*, 2014), mientras que en época seca se reportó 32 % a 90 d (Fortes *et al.*, 2016).

La variación amplia en el contenido de MS se debe, principalmente, a los días a cosecha y, de forma secundaria, a las diferentes condiciones edafoclimáticas

presentes en una región determinada. Se debe destacar que la edad fisiológica (días a cosecha) es el factor que más impacta en el contenido de MS y, en consecuencia, en la producción y composición química de los pastos (Fortes *et al.*, 2016). Según Fortes *et al.* (2016), este hecho hace difícil comparar los resultados disponibles en la literatura que, en su mayoría, provienen del estudio de forrajes muestreados en etapas fenológicas distintas.

6.4. Rendimiento de forraje (RF)

El RF mostró variación por efecto de densidad y época y por la interacción densidad x época (Cuadro 2). En promedio, el RF fue 755.3 kg ha⁻¹ y fue de 1060, 381 y 825 kg ha⁻¹ en la época de nortes, seca y lluviosa, respectivamente. Como se explicó antes, el RF presentó una correlación inversa con el contenido de MS (-0.6509; P<.0001), esto es, a menor MS mayor RF (Cuadro 4).

De la interacción densidad x época, se observó que en la época de nortes se presentó el mayor RF con las densidades 75 x 25 y 100 x 25 cm, en seca con 100 x 25 cm y en época lluviosa con 75 x 25 cm y al Voleo (Figura 3). De lo anterior se confirma la importante relación que existe entre la densidad poblacional de plantas y la disponibilidad de agua; esto es, a mayor escases de agua se requieren menores densidades de plantas por hectárea para reducir la competencia de éstas por el recurso hídrico y así obtener producciones satisfactorias de biomasa bajo estos escenarios de lluvia. También se presentó correlación entre RF y densidad (Cuadro 4), a menor densidad de plantas mayor RF.

El mayor RF obtenido en la época de nortes se debió, en parte, a que ese periodo

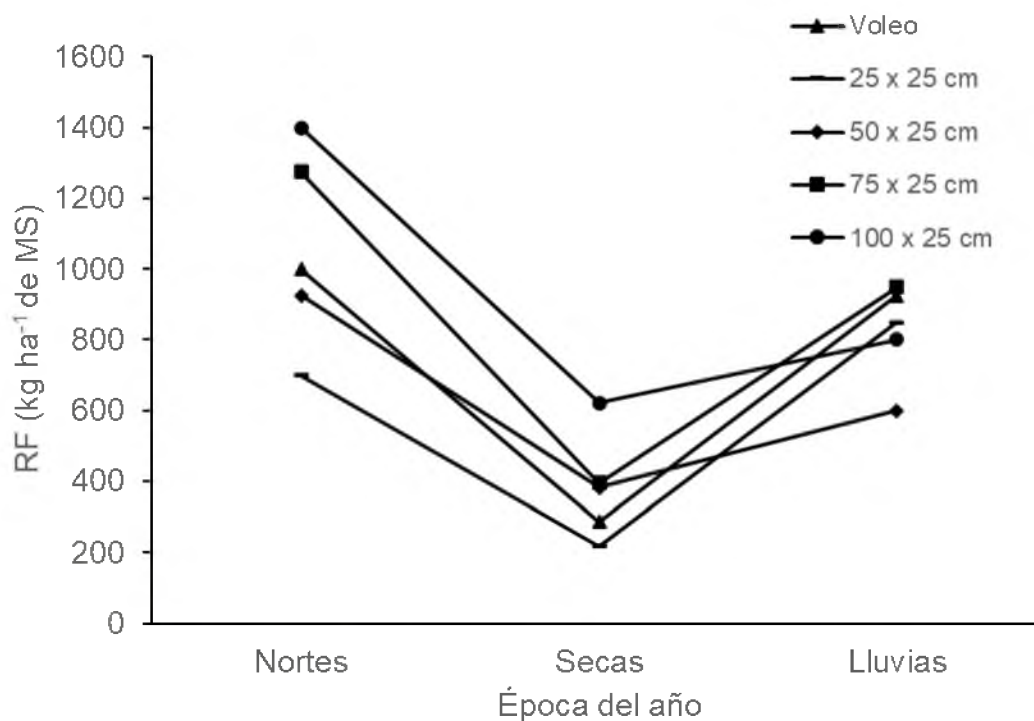


Figura 3. Efecto de la interacción densidad de plantas x época del año para rendimiento de forraje (RF) del pasto *Megathyrsus maximus* cv. Mombaza establecido bajo temporal en Loma Bonita, Oax. México.

presentó 9 d adicionales de descanso que la época lluviosa y época seca ([Cuadro 1](#)); de esta manera, si se calcula la tasa de crecimiento con base en la cantidad diaria de forraje producido se obtienen 27.5, 27.2 y 12.7 kg d⁻¹ para la época de lluvias, nortes y seca, respectivamente.

Por otro lado, el RF menor obtenida en la época seca se atribuyó a la nula precipitación registrada en ese periodo, que no permitió un adecuado desarrollo de la planta y producción de biomasa. En la [Figura 3](#) se observa que en la época lluviosa, el RF mostró menor variación entre densidades, lo que se explica por la cantidad y mejor distribución de la lluvia en este periodo que promovió un mejor desarrollo de la planta ([Ramírez et al., 2009](#)). Es sabido que la disponibilidad hídrica

y la temperatura influyen en el desarrollo y calidad nutritiva de las plantas forrajeras; además, modifican su estructura morfológica, fisiológica y biológica (Verdecia *et al.*, 2012). En relación a esto, en esta investigación se observó que la densidad testigo (Voleo) responde mejor a mayor precipitación, lo inverso se observa con la densidad más baja (Figura 3). Esto también soporta que el potencial de rebrote y velocidad de crecimiento de una gramínea forrajera está en función de la población de plantas y la disponibilidad agua. En nuestro estudio, el RF más alta (941 kg) se obtuvo con la densidad más baja (100 x 25 cm), aunque no fue diferente ($P > 0.05$) de las densidades 75 x 25 cm (873 kg) y al Voleo (737 kg). En un estudio se concluyó que la densidad de plantas mostró poco efecto sobre el RF (Freitas *et al.*, 2012).

El mayor rendimiento de biomasa es una condición común en praderas con baja densidad de plantas, promovido por una intensidad de luz mayor; sin embargo, este incremento es más intenso en la fracción tallo. Al respecto, Freitas *et al.* (2012) y Braz *et al.* (2011) observaron un mayor desarrollo de tallos en pasto Tanzania a la densidad más baja (9 plantas/m²), mientras que un efecto contrario ocurrió con la densidad más alta (49 plantas/m²). Esto tiene implicaciones de calidad nutritiva, ya que se sabe que la fracción tallo es el componente de la planta con mayor contenido de carbohidratos estructurales, lo que lo hace menos digestible.

En este estudio el RF por efecto de época es esperado, ya que son patrones de crecimiento propios de las gramíneas tropicales; donde la mejor tasa de crecimiento inicia a finales de la primavera, continúan todo el verano y termina a principios de otoño (Ramírez *et al.*, 2009); seguido de 5 o 6 meses de invierno con escasas de lluvia donde el crecimiento de los pastos es casi nulo. En su estudio Ramírez *et al.*

(2009) reportaron una diferencia importante en rendimiento de forraje del pasto Mombaza cosechado en época lluviosa respecto a la época seca (15,540 vs. 3,175 kg ha⁻¹ de MS).

Finalmente, es importante destacar que el RF obtenido en este estudio fue bajo, en parte debido a la falta de fertilización en cada periodo evaluado, los días de rebrote (30 d) pero principalmente por la poca precipitación registrada en cada periodo, en particular en la época seca donde no ocurrió precipitación. A similares días de rebrote, otros autores reportan valores de 2,270 ± 240 y 680 ± 240 kg ha⁻¹ de MS en la época de lluvias y época seca, respectivamente (Hernández *et al.*, 2020)

6.5. Composición química

6.5.1. Proteína cruda (PC). El contenido de PC mostró efecto de densidad de plantas y época del año (Cuadro 2). El contenido de PC fue mayor con las densidades más bajas (75 x 25 y 100 x 25 cm). La PC fue mayor en época seca (P<0.05), intermedio en nortes y menor en época lluviosa (Cuadro 3). El contenido de PC y densidad mostraron correlación positiva (Cuadro 4); a menor densidad mayor contenido de PC, particularmente a partir de la densidad 25 x 25 cm.

El contenido mayor de PC observado en las densidades 75 x 25 y 100 x 25 cm, puede estar asociado a un mayor rebrote de hojas y tallos nuevos ocurrido en estas dos densidades. La mayor acumulación de nitrógeno se explica por la fuerte actividad de fijación de nitrógeno por la planta, que es más intensa al comienzo de la etapa vegetativa y que normalmente se acompaña con un contenido bajo de MS y una mayor proporción de hoja (Ramírez *et al.*, 2009), eventos que ocurrieron en

este estudio al disminuir la densidad. Típicamente, al aumentar la biomasa y el contenido de MS, la PC tiende a reducirse por efecto de dilución del nitrógeno en la planta (Román-Ponce *et al.*, 2009; Hare *et al.*, 2015; Patiño *et al.*, 2018), hecho que se debe al efecto de madurez (Santos *et al.*, 2011; Rusdy 2014).

El contenido mayor ($P < 0.05$) de PC observado en la época seca en comparación con las épocas lluviosa o nortes (Cuadro 3), se explica por la mayor acumulación de biomasa ocurrida en esas dos épocas, promovida por mayor precipitación, hecho que ocasionó mayor dilución del nitrógeno (Jarillo *et al.*, 2011; Muñoz-González *et al.*, 2016). Al respecto, Muñoz-González *et al.* (2016) evaluaron tres gramíneas forrajeras en tres épocas del año en el sureste de México, observaron que la PC fue mayor en la época seca (13.9 %), intermedio en nortes (10.8 %) y menor en la época lluviosa (9.3 %), comportamiento similar al obtenido en nuestro estudio. Finalmente, Verdecia *et al.* (2012) reportaron una correlación negativa entre disponibilidad de agua y contenido de PC, hecho que soporta lo que ocurrió en este estudio.

Normalmente, las gramíneas tropicales tienen contenido de PC bajo. En nuestro estudio, el pasto Mombaza cosechado a 30 d de rebrote presentó 9.1 a 10.4 % de PC. Otros estudios reportan 8.5 % a 30 d de rebrote (Rusdy 2014), 8.1% (Santos *et al.*, 2014) y 9.3 % (Patiño *et al.*, 2018) a 35 d, valores parecidos a los obtenidos en este estudio en las épocas de nortes y lluviosa. Valores más altos de 11.7 y 12.4 % son reportados por Aganga & Tshwenyane (2004) y por Fernandes *et al.* (2014) a ~30 d de rebrote; mientras que a mayores días de rebrote (61 d) Arroquy *et al.* (2014) reportaron 8.6 %. Finalmente, es importante resaltar que todos los niveles de PC obtenidos en nuestro estudio están por arriba del 7 %, valor requerido como

mínimo para que ocurra una adecuada digestión en un bovino (Van Soest, 1994).

6.5.2. Componentes de la pared celular. En general, todos los componentes de la pared celular presentaron efecto de época (Cuadro 2). Las concentraciones de FDN y FDA fueron más bajas ($P < 0.05$) en la época seca y más altas en las épocas de nortes y lluviosa (Cuadro 3). Ambas variables presentaron una fuerte correlación negativa con la DIVMS y DIVFDN. A excepción de la HCL todas las fracciones de la pared celular se correlacionaron positivamente con el RF (Cuadro 4).

La HCL solo mostró efecto de época y fue menor ($P < 0.05$) en la época lluviosa. La CLL presentó variación por efecto de época e interacción densidad x época (Cuadro 2). En época de nortes se observó mayor contenido de CLL con la densidad 25 x 25 cm y en la época de lluvias con la densidad 100 x 25 cm; mientras que en la época seca hubo pocas diferencias entre las densidades. La CLL presentó un comportamiento similar a la FDN y FDA (Cuadro 3) y mantuvo fuerte correlación ($P < 0.0001$) con estas dos variables (0.8607, 0.9152, respectivamente), así como correlación negativa con la digestibilidad del forraje.

La LDA mostró efecto de densidad y época (Cuadro 2). En la densidad 25 x 25 cm se presentó el valor más bajo (Cuadro 3), mientras que en las otras densidades no hubo diferencias. Igual que la FDN y FDA, el contenido menor de LDA se presentó en la época seca, seguido de las épocas de nortes y lluviosa (Cuadro 3).

El contenido de LDA mostró correlación positiva con el RF. Así mismo, la LDA mantuvo fuerte correlación positiva con el contenido de FDA y negativa con las variables de digestibilidad (Cuadro 4). Este comportamiento es esperado, ya que la

LDA forma parte de la FDA y es sabido que ésta última se relaciona fuertemente con la digestibilidad de la MS de un forraje.

El hecho de observar menor contenido de componentes fibrosos en el pasto Mombaza en la época seca, puede explicarse por la menor producción de biomasa en esta época, de tal forma que la planta al no desarrollarse de manera óptima no deposita carbohidratos estructurales, principalmente en los tallos. Lo contrario ocurrió en las épocas de nortes y lluviosa; en estas épocas hubo mayor precipitación lo que promovió el mejor desarrollo de la planta, aunado a una reducción en la relación hoja:tallo y en consecuencia un incremento en el contenido de fibra en la planta completa. Este comportamiento es propio de las gramíneas tropicales y ha sido documentado (Jarillo *et al.*, 2011; Muñoz-González *et al.*, 2016). También, está documentado que los componentes que la FDN y FDA, son mayores en los tallos que en las hojas y que en ambos componentes, la fibra aumenta con los días a cosecha, siendo este incremento más significativo en los tallos (Hare *et al.*, 2013).

Es reconocido (Homen *et al.*, 2010; Braz *et al.*, 2011; Verdecia *et al.*, 2012) el fuerte efecto que tienen las condiciones edafoclimáticas como la temperatura, luminosidad y humedad en el suelo sobre el rendimiento y la calidad nutritiva de un forraje. En nuestro estudio, la principal limitante fue la nula precipitación ocurrida en la época seca, en contraste con las épocas de nortes y lluviosa (Cuadro 1). Por ejemplo, en el estudio de Verdecia *et al.* (2012) se observa una importante correlación positiva entre los componentes fibrosos y la cantidad de lluvia.

Otros autores reportan valores de fibra distintos a los obtenidos en este estudio, lo que puede deberse a las distintas condiciones en que se llevó a cabo cada

experimento, como se explicó antes. No obstante, existe cierta similitud de nuestros datos con los mostrados en algunos de esos estudios. Por ejemplo, al evaluar cuatro variedades de *M. maximus* cosechadas a inicios de floración (103 ± 19 d), se observó un promedio de 62.9 y 31.2 % de FDN y FDA (Pieterse *et al.*, 1997). Más reciente, Arroquy *et al.* (2014), en pasto Guinea cosechado 61 d de rebrote, reportaron 71.6, 40.5 y 5.8 % de FDN, FDA y LDA, respectivamente. Un contenido similar, a 35 d de rebrote, fue reportado por Patiño *et al.* (2018) con valores de 72.9 y 41.5 % de FDN y FDA, respectivamente. Por su parte, Fernandes *et al.* (2014) en dos años de evaluación (2003 y 2004) del pasto Mombaza, cosechado a ~30 d, reportaron 74.3 y 73.1 % de FDN y 37.1 y 36.9 % de FDA. Mientras que en un estudio donde se evaluaron cuatro intervalos de corte, se observó que a 35 d la FDN y FDA fueron 55.8 y 29.1 %, mientras que a 55 d fueron 62.3 y 31.1 % (Santos *et al.*, 2014). Al comparar nuestros resultados con los obtenidos por Arroquy *et al.* (2014) o por Patiño *et al.* (2018), se puede apreciar el efecto que tienen los intervalos de corte sobre los componentes de la pared celular, como se observa también en los estudios de Hare *et al.* (2013) y Hernández *et al.* (2020). Lo anterior confirma que a más días a cosecha el contenido de estas fracciones aumenta, hecho que debe tomarse en cuenta en la producción de forraje a partir de gramíneas tropicales.

Es posible que los cambios de LDA ocurridos por efecto de época, pueden explicarse por la intensidad de desarrollo de las plantas en cada época. Está documentado que la respuesta fisiológica de la planta en la acumulación de lignina está fuertemente influenciada por factores medioambientales como la temperatura, humedad en el suelo y luminosidad. Estos factores influyen en la acumulación de

biomasa, relación hoja:tallo y en la madurez de las plantas ([Verdecia et al., 2012](#)). En consecuencia, es muy probable que las diferencias en el contenido de lignina ocurridos en cada época, se deba a la influencia de estos factores. Por ejemplo, se sabe que las altas temperaturas promueven un incremento en la acumulación de lignina, al parecer las enzimas que sintetizan lignina presentan mayor actividad a temperaturas más altas. También se ha señalado que las altas temperaturas no influyen mucho sobre los componentes morfológicos de las plantas (hojas, tallos), pero si en su lignificación y aumento de la fibra indigestible ([Van Soest, 1994](#)).

La variabilidad presente en los resultados obtenidos en los distintos experimentos sobre los componentes de la pared celular, aun en aquellos experimentos donde los días a cosecha y variedad o genotipo son iguales, se explica por la combinación de múltiples factores que prevalecieron en cada estudio y que probablemente influyeron de forma distinta en el desarrollo y estructura de los componentes de la pared celular de las plantas ([Van Soest, 1994](#)). Por lo tanto, y en acuerdo a lo señalado por [Benítez et al. \(2007\)](#) y [Hernández et al. \(2020\)](#), no se pueden esperar resultados similares cuando no se tienen condiciones similares en el desarrollo de las mismas. En consecuencia, se requiere llevar a cabo trabajos de investigación sobre calidad del forraje de pastos tropicales cultivados bajo las mismas condiciones edafoclimáticas y agronómicas, y así evitar la mayor variación posible en los resultados.

Finalmente, el análisis de correlación arrojó una relación significativa ($P < .0001$) de la CLL con la MS, el RF y el contenido de FDN, FDA y LDA. Esto muestra la importancia que tiene la CLL en la degradabilidad de los forrajes, especialmente por

su alta correlación con la FDA (0.9152). Un comportamiento similar se esperaba con la HCL, no obstante, esta variable solo mostro correlación negativa con la FDA y LDA ([Cuadro 4](#)). Al parecer, conforme aumenta la FDA y la LDA la HCL tiende a disminuir, lo cual es esperado ya que la HCL forma parte de FDN pero no de la FDA, de hecho, al restar la HCL a la FDN queda la FDA.

6.6. Digestibilidad del forraje

La DIVMS y la DIVFDN mostraron variación solo por efecto de época ($P < .0001$). Los valores más altos de DIVMS y DIVFDN se obtuvieron en la época de seca, con valores intermedios en nortes y bajos en época lluviosa ([Cuadro 3](#)). Ambas variables se correlacionaron negativamente con el RF y con los componentes de la fibra FDA, LDA y CLL y; positivamente, con en el contenido de PC ([Cuadro 4](#)).

La DIVMS y DIVFDN presentaron mismo comportamiento que los componentes de la pared celular por efecto de época del año ([Cuadro 3](#)). La digestibilidad mayor que se observó en la época seca, se atribuye a contenidos menores de FDA y LDA que presentó el pasto Mombaza en esa misma época, variables que poseen elevada relación con la digestibilidad ([Van Soest, 1994](#)).

Otros estudios han reportado valores similares de digestibilidad: en su estudio [Arroquy et al. \(2014\)](#) y [Fernandes et al. \(2014\)](#) reportaron 60.8 y 62.8 % de DMS; por su parte [Pieterse et al. \(1997\)](#), reportaron un rango de 56.9 a 87.7 % de DIVMO en cuatro cultivares de *P. maximum*; más recientemente [Hernández et al. \(2020\)](#), a 30 d de rebrote, reportan 58 % de DIVMS y un contenido de 68 y 66 % de FDN y 38 y 32 % de FDA en época lluviosa y seca, respectivamente.

Las correlaciones observadas en este estudio entre la digestibilidad con las fracciones de la pared celular y la PC son de esperarse. Está documentada la fuerte relación que existe entre estas fracciones y la digestibilidad (Van Soest, 1994). En la investigación de Fernandes *et al.* (2014) también reportaron una correlación significativa entre la digestibilidad de la materia orgánica y el contenido de FDN, FDA y PC. Finalmente, comparado con otros estudios, en nuestro estudio el pasto *M. maximus* presentó una digestibilidad elevada y contenido de fibra bajo, esto se puede atribuir a que el forraje fue cosechado en etapa vegetativa y a que presentó mayor relación hoja:tallo.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El rendimiento de forraje del pasto Mombaza tendió a incrementar al disminuir la densidad de plantas y fue mayor en las épocas de nortes y lluviosa. En las épocas de nortes y seca el rendimiento de forraje fue mayor con la densidad 100 x 25 cm, mientras que en época lluviosa fue con 75 x 25 cm y al Voleo.

La proteína cruda fue mayor a menor densidad de plantas y fue mayor en la época seca. En general, los componentes de la fibra y la digestibilidad de la materia seca y fibra detergente neutro no fueron afectadas por la densidad; pero si por la época, en la época seca se presentó mejor calidad del forraje.

Con base a los resultados observados, se recomienda que para obtener un óptimo rendimiento y calidad del forraje se debe establecer el pasto Mombaza a una distancia entre líneas de 75 x 25 cm. Se requiere más información del efecto de la relación densidad poblacional de plantas y precipitación pluvial (época del año) sobre el rendimiento y calidad nutritiva de ésta y otras gramíneas forrajeras usadas actualmente en el trópico mexicano para alimentar al ganado.

8. LITERATURA CITADA

- Aganga A.A., Tshwenyane S. 2004. Potentials of guinea grass (*Panicum maximum*) as forage crop in livestock production. *Pakistan Journal of Nutrition*, 3:1-4. DOI:10.3923/pjn.2004.1.4.
- Álvarez A., Herrera R.S, Díaz L., Noda A. 2013. Influence of rainfall and temperature on biomass production of *Pennisetum purpureum* clones. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 47(4):413-417. Disponible en: <http://cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/391>.
- Álvarez G.R., Vivas L.G., Suárez G.R., Cabezas R.R., Jacho T.E., Llerena T.J., Valverde H.E., Moreira E.Y., García A.R., Chacón E., Verdecia D.M. 2016. Componentes del rendimiento y composición química de *Megathyrsus maximus* en asociación con leguminosas. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 17:1-12. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63649052025>.
- Arroquy J.I., Camacchione M.V., Colombatto, D., Kunst Jr. C. 2014. Chemical composition and *in vitro* ruminal degradation of hay and silage from tropical grasses. *Canadian Journal of Animal Science*, 94:705-715. DOI:10.4141/cjas-2014-014.
- Bamikole M.A., Akinsoyinu A.O., Ezenwa I., Babayemi O.J., Akinlade J., Adewumi M.K. 2004. Effect of six-weekly harvests on the yield, chemical composition and dry matter degradability of *Panicum maximum* and *Stylosanthes hamata* in Nigeria. *Grass and Forage Science*, 59:357-363. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2004.00437.x>.
- Bartl K., Gamarra J., Gómez C.A., Wettstein H.R., Kreuzer M., Hess H.D. 2009. Agronomic performance and nutritive value of common and alternative grass and legume species in the Peruvian highlands. *Grass and Forage Science*. 64: 109-121. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2008.00675.x>.
- Basile G., Sébastien A., Bignon-Maxime H.D., Aliou S., Léonard A., Marcel H., Brice S.A. 2019. Effect of row spacing, mineral and organic fertilizers on yield and growth parameters of *Panicum maximum* on ferralitic soil in Benin (West

- Africa). *International Journal of Advanced Research (IJAR)*. 7(10):16-27. DOI: 10.21474/IJAR01/9801.
- Bautista T.M., López O.S., Pérez H. P., Vargas M.M. 2011. Forage productivity in agroecosystems using traditional and rotational cattle grazing in Paso de Ovejas, Veracruz, Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13:279-290. Disponible en: <http://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/1249/660>.
- Belalcázar D.J., Duran C.V., Lemus L.H. 1995. Especies forrajeras tropicales de interés para pasturas en suelo ácido de Colombia. Manual de Capacitación en Tecnología de Producción de Pasto 2. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Disponible: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/29169>.
- Benítez D., Fernández J. L., Ray J., Ramírez A., Torres V., Tandrón I., Díaz M. Guerra J. 2007. Factores determinantes en la producción de biomasa en tres especies de pastos en sistemas racionales de pastoreo en el Valle del Cauto, Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 41:231-236. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193017693005>.
- Braz T.G., Fonseca D.M., Freitas F.P., Martuscello J.A., Santos M.E.R., Santos M.V., Pereira V.V. 2011. Morphogenesis on Tanzania guinea grass under nitrogen doses and plant densities. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40:1420-1427. DOI:10.1590/S1516-35982011000700004.
- Costa N. L., Jank L., Magalhães J. A., Azevedo A. N., Dos Santos F. H., Burlamaqui A., Santos F. J. 2017. Forage yield, chemical composition and morphogenesis of *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça under rest periods. *PUBVET*, 11(11):1169-1174. Disponible en: <http://www.pubvet.com.br/uploads/5b9bf7de1ff90a54d12319ccf8f20fa3.pdf>
- Deinum B., Sulastri R.D., Zeinab M.H.J., Maassen A. 1996. Effect of light intensity on growth, anatomy and forage quality of two tropical grasses (*Brachiaria brizantha* and *Panicum maximum* var. trichoglume). *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 44:111-124. DOI: <https://doi.org/10.18174/njas.v44i2.551>.

- Dumonth B., González-García E., Thomas M., Fortun-Lamothe L., Ducrot C., Dourmad J.Y., Tichit M. 2014. Forty research issues for the redesign of animal production systems in the 21st century. *Animal*, 8(8):1382-1393. DOI:10.1017/S1751731114001281.
- Enríquez Q.J.F. 1991. Establecimiento y manejo de praderas asociadas en el sur de Veracruz. p. 77. En: Tercera Reunión de Producción Animal Tropical. Martínez de la Torre, Veracruz. México.
- Enríquez Q.J.F., Meléndez N.F., Bolaños A.E.D., Esqueda E.V.A. 2011. Producción y manejo de forrajes tropicales. Libro Técnico Núm. 28. INIFAP, CIRGC, Campo Experimental La Posta. Medellín de Bravo, Veracruz. Disponible: https://redgatro.fmvz.unam.mx/assets/produccion_forrajes.pdf.
- Enríquez Q.J.F., Esqueda E.V.A., Nicolás N.F., Cab Jiménez F.E. 2013. Especies tropicales: Privilegio o Guinea [*Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs] antes: *Panicum maximum* Jacq. En: Gramíneas introducidas: importancia e impacto en ecosistemas ganaderos. Ed. Quero-Carrillo A.R. 2013. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. Méx. DOI: 10.13140/2.1.1312.8002.
- Fernández J.L., Benítez D.E., Gómez I., Cordoví E., Leonard I. 2001. Dinámica de crecimiento del pasto *Brachiaria radicans* vc Tanner en las condiciones edafoclimáticas del valle del Cauto en la provincia Granma. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 35(4):399-405. Disponible: <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193018246015.pdf>.
- Fernandes F.D., Ramos A.K.B., Jank L., Carvalho M.A., Martha Jr. G.B., Braga G.J. 2014. Forage yield and nutritive value of *Panicum maximum* genotypes in the Brazilian savannah. *Scientia Agrícola*, 71:23-29. DOI: 10.1590/S0103-90162014000100003.
- Fernandes F.D., Ramos A.K.B., Jank L., Carvalho M.A., Martha Jr. G.B., Braga G.J. 2014. Forage yield and nutritive value of *Panicum maximum* genotypes in the Brazilian savannah. *Scientia Agrícola*, 71:23-29. DOI: [10.1590/S0103-90162014000100003](https://doi.org/10.1590/S0103-90162014000100003).

- 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. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193032133015.pdf>.
- Fortes D., Valenciaga D., García C.R., García M., Cruz A.M., Romero A. 2016. Evaluation of three varieties of *Megathyrsus maximus* in the dry period. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 50(1):131-137. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/cjas/v50n1/cjas15116.pdf>.
- Ford C.W., Morrison I.A., Wilson J.R. 1979. Temperature effects on lignin, hemicellulose and cellulose in tropical and temperate grasses. *Australian Journal of Agricultural Research*, 30(4):621-633. DOI: <https://doi.org/10.1071/AR9790621>.
- Freitas F.P., Fonseca D.M., Braz T.G., Martuscello J.A., Santos M.E.R. 2012. Forage yield and nutritive value of Tanzania grass under nitrogen supplies and plant densities. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41:864–872. DOI: 10.1590/S1516-35982012000400006.
- Goering H. K., Van Soest J. P. 1970. Forage fiber analices (Apparatus Reagents, Procedures, and some Applications), Agriculture Handbook No. 379. USDA-ARS, Washinton, DC. 20 p.
- Gumel I.A., Baba M., Abdurrahaman S.L., Ibrahim A.A., Babangida L., Kiri I.Z., Adamu A.U., Babandi B., Usman I. 2020. Effect of plant spacing on dry matter yield and proximate composition of irrigated Columbus grass (*Sorghum almum*). *Nigerian Journal of Animal Science and Technology*. 3(1):53-59. Disponible en: <http://njast.com.ng/index.php/home/article/view/60>.
- Hare M.D., Phengphet S., Songsiri T., Sutin N., Stern E. 2013. Effect of cutting interval on yield and quality of two *Panicum maximum* cultivars in Thailand. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 1(1):87-89. DOI: [https://doi.org/10.17138/tgft\(1\)87-89](https://doi.org/10.17138/tgft(1)87-89).
- Hare M.D., Phengphet S., Songsiri T., Sutin N. 2014. Botanical and agronomic growth of two *Panicum maximum* cultivars, Mombasa and Tanzania, at

- varying sowing rates. *Tropical Grasslands-Forrajés Tropicales*. 2:246-253. DOI: [https://doi.org/10.17138/tgft\(2\)246-253](https://doi.org/10.17138/tgft(2)246-253).
- Hare M.D., Phengphet S., Songsiri T., Sutin N. 2015. Effect of nitrogen on yield and quality of *Panicum maximum* cv. Mombasa and Tanzania in Northeast Thailand. *Tropical Grasslands-Forrajés Tropicales* 3:27-33. DOI: 10.17138/TGFT(3)27-33.
- Hernández M., López S., Jarillo J., Ortega E., Pérez S., Díaz P., Crosby M.M. 2020. Rendimiento y calidad nutritiva del forraje en un sistema silvopastoril intensivo con *Leucaena leucocephala* y *Megathyrsus maximus* cv. Tanzania. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11:53-69. DOI:10.22319/rmcp.v11i1.4565.
- Hodgson J. 1990. Grazing management: science into practice. Harlow, England: Longman Scientific & Technical. 203 p.
- Homen M., Entrena I., Arriojas L., Ramia M. 2010. Biomasa y valor nutritivo del pasto Guinea *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.M. Jacobs. "Gamelote" en diferentes periodos del año en la zona de bosque húmedo tropical, Barlovento, estado Miranda. *Zootecnia Tropical*, 28:255-265. Disponible en: <http://ve.scielo.org/pdf/zt/v28n2/art11.pdf>.
- Ishiaku Y.M., Hassan M.R., Tanko R.J., Amodu J.T., Abdu S.B., Ahmed S.A., Abubabakr S.A., Lasisi O.T., Bala A.G., Bello S.S., Ibrahim H. 2016. Effect of plant spacings on yield and quality of columbus grass (*Sorghum almum*) under rainfed in Shika, Nigeria. *Journal of Animal Production Research*, 28(1):318-328. Disponible en: <http://www.journal.napri.gov.ng/index.php/japr/article/view/262>.
- Jank L. 2003. La historia de *Panicum maximum* en Brasil. Centro Nacional de Investigación de los ganados vacunos. EMBRAPA, Campo Grande.
- Jarillo R.J., Castillo G.E., Flores G.A.F., Valles M.B., Ramírez A.L., Escobar H.R., Ocaña Z. E. 2011. Forage yield, quality and utilization efficiency on native pastures under different stocking rates and seasons of the year in the Mexican humid tropic. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13:417-

427.

Disponible

en:

<https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/1379>.

Johnson C.R., Reiling B.A., Mislevy P., Hall M.B. 2001. Effects of nitrogen fertilization and harvest date on yield, digestibility, fiber, and protein fractions of tropical grasses. *Journal of Animal Science*, 79(9):2439-2448. DOI: <https://doi.org/10.2527/2001.7992439x>.

Juárez L.F.I., Barradas L.H.V., López J. 2009. Alimentación de bovinos en el sistema de doble propósito en el trópico. En: Producción de leche de bovino en el sistema de doble propósito. Comps. Román PH, Ortega RL, Hernández AL, Díaz AE, Espinosa GJA, Núñez HG, et al. 2009. Libro Técnico Núm. 22. INIFAP-CIRGOC. Veracruz, México. 355 p. Disponible en: <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/handle/123456789/1567>.

Juarez L.F.I., Fox D.G., Blake R.W., Pell A.N. 1999. Evaluation of tropical grasses for milk production in tropical Mexico. *Journal of Dairy Science*, 82:2136-2145. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75457-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75457-3).

Korte C. J., Chu A.C.P., Field T.R.O. 1987. Pasture production. In: Nicol A.M. (ed). Livestock Feeding on Pasture. Occasional Publication No. 10. N. Zealand Soc. Anim. Prod. Hamilton, New Zealand. pp. 7-20.

Loch D.S., Adkins S.W., Heslehurst M.R., Paterson M.F., Bellairs S.M. 2004. Seed formation, development, and germination. In: Moser L.E., Burson B.L., Sollenberger L.E. (eds) Warm-season (C4) grasses. Agronomy Society of America, Inc., Madison, pp. 95–144.

Manríquez L.Y., López S., Olguín C., Pérez P., Díaz P., López Z.G. 2011. Productivity of a silvopastoral system under intensive mixed species grazing by cattle and sheep. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13:573-584. Disponible en: <http://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/1418/697>.

Merchant-Fuentes I. Solano-Vergara J.J. 2016. Las praderas, sus asociaciones y características: una revisión. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 2(1):1-11. Disponible en: <http://aap.uaem.mx/index.php/aap/issue/view/5>.

- Molina I.C., Donney`s 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):#96. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd27/5/moli27096.html>.
- Muñoz-González J.C., Huerta-Bravo M., Lara-Bueno A., Rangel-Santos R., De la Rosa-Arana J.L. 2016. Producción y calidad nutrimental de forrajes en condiciones del Trópico Húmedo de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Pub. Esp. (16):3315-3327. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v7nspe16/2007-0934-remexca-7-spe16-3315-en.pdf>.
- Ortega G.R., Castillo G.E., Jarillo R.J., Escobar H.R., Ocaña Z.E., Valles M.B. 2011. Nutritive quality of ten grasses during the rainy season in a hot-humid climate and ultisol soil. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13:481-491. Disponible en: <http://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/1388/687>.
- Patiño P.R.M., Gómez S.R., Navarro M.O.A. 2018. Calidad nutricional de Mombasa y Tanzania (*Megathyrus maximus*, Jacq.) manejados a diferentes frecuencias y alturas de corte en Sucre, Colombia. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 13(1):17-30. DOI: <https://doi.org/10.21615/4591>.
- Pereira V.V., Fonseca D.M., Martuscello J.A., Cecon P.R., Santos M.B., Braz T.G. 2012. Biomass accumulation in Mombasa guinea grass plants under different levels of nitrogen supply and plant densities. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41:1118-1126. DOI: 10.1590/S1516-35982012000500006.
- Peters M., Franco L.H., Schmidt A., Hincapié B. 2011. Especies forrajeras multipropósito: opciones para productores del trópico americano. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 212 p. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10568/54681>.
- Pieterse P.A., Rethman N.F.G., Van Bosch J. 1997. Production, water use efficiency and quality of four cultivars of *Panicum maximum* at different levels of nitrogen fertilization. *Tropical Grasslands*, 31:117-123. Disponible en:

http://tropicalgrasslands.info/public/journals/4/Historic/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol_31_1997/Vol_31_02_97_pp117_123.pdf.

- Pitman W.D. 2012. Bahiagrass (*Paspalum notatum* Flugge) management combining nitrogen fertilizer rate and defoliation frequency to enhance forage production efficiency. *Grass and Forage Science*. 68:479-484. DOI: <https://doi.org/10.1111/gfs.12005>.
- Pontes L. da S., Soussana J-F., Louault F., Andueza D., Carrère P. 2007. Leaf traits affect the above-ground productivity and quality of pasture grasses. *Functional Ecology*, 21:844-853. DOI: 10.1111/j.1365-2435.2007.01316.x
- Pontes L. da S., Baldissera T.C., Giotri A.F., Stafin G., dos Santos B.R.C., Carvalho P.C. de F. 2016. Effects of nitrogen fertilization and cutting intensity on the agronomic performance of warm-season grasses. *Grass and Forage Science*. DOI: 10.1111/gfs.12267.
- Ramírez R.O., Hernández G.A., Carneiro da Silva S., 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 México*, 47:203-213. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61312116008>.
- Ramírez R.O., Hernández G.A., Carneiro da Silva S., Pérez P.J., Jacaúna de Souza Jr S., Castro R.R., Enríquez J.F. 2010. Características morfogénicas y su influencia en el rendimiento del pasto Mombaza, cosechado a diferentes intervalos de corte. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 12:303-311. Disponible en: <http://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/394/364>.
- Rodrigues L., Meirelles P.R.L., Gonçalves H.C., Martins M.F., Marques R.O., de Arruda G.M.M.F. 2010. Disponibilidad e composición química do capim-Tanzania pastejado por caprinos. *Veterinaria e Zootecnia*, 17(4):585-595. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11449/141033>.

- Román-Ponce H., Ortega R.L., Hernández A.L., Díaz E., Espinosa G.J.A., Núñez H., Vera A.H.R., Medina C.M., Ruiz F.J. 2009. Producción de leche de bovino en el sistema de doble propósito. Libro Técnico Núm. 22. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, México. 355 pp. Disponible en: <https://www.uv.mx/veracruz/cienciaanimal/files/2013/11/Produccion-de-leche-de-bovinos-en-el-sistema-doble-proposito.pdf>.
- Rusdy M. 2014. Dry matter yield and nutritional quality of *Panicum maximum-Centrosema pubescens* mixtures at different plant proportions and cutting intervals. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 3:2231-2241. Disponible en: <http://www.ijset.net/journal/474.pdf>.
- Santos M.C.S., Lira M.A., Tabosa J.N., Mello A.C.L., Santos M.V.F. 2011. Comportamiento de clones de Pennisetum submetidos a períodos de restricción hídrica controlada. *Archivos de Zootecnia*, 60(229):31-39. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922011000100004>.
- Santos E.M., Pereira O.G., García R., Ferreira C.L.L.F., Oliveira J.S., Silva T.C. 2014. Effect of regrowth interval and microbial inoculant to the fermentation profile and dry matter recovery of guinea grass silages. *Journal of Dairy Science*, 97:4423-4432. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7634>.
- SAS. 2002. Statistical Analysis System. System for Windows version 9.0. SAS Institute Inc. Cary NC. USA.
- Tilahun G., Asmare B., Mekuriaw Y. 2017. Effects of harvesting age and spacing on plant characteristics, chemical composition and yield of desho grass (*Pennisetum pedicellatum* Trin.) in the highlands of Ethiopia. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 5(2):77-84. DOI: 10.17138/TGFT(5)77-84.
- Vallejos A.A. 1988. Caracterización y evaluación agronómica preliminar de accesiones de Brachiaria y Panicum en el trópico húmedo de Costa Rica. Tesis Magister Scientiae. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza. Programa de estudios de postgrado. Turrialba, Costa Rica. 143 p. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11554/4593>.
- Van Soest J.P., Robertson J.B., Lewis B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal

- nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74:3583-3589. DOI:10.3168/jds. S0022-0302(91)78551-2.
- Van Soest P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd. ed. Cornell University Press. New York. 476 pp.
- 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*, 23:6951-6963. DOI:10.21897/rmvz.1415.
- Verdecia D.M., Ramírez J.L., Leonard I., Pascual Y., López Y. 2008. Rendimiento y componentes del valor nutritivo del *Panicum maximum* cv. Tanzania. REDVET. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 9(5):1-9. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63611397008>.
- Verdecia D.M., Herrera R.S., Ramírez J.L., Leonard I., Bodas R., Andrés S., Giráldez F.J., Álvarez Y., López S. 2012. Valoración nutritiva del *Panicum maximum* cv. Mombasa en las condiciones climáticas del Valle del Cauto, Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 46:97-101. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193024313016.pdf>.
- Wilaipon B., Boonpakdee W., Wilaipon N., Saingarm Y. 2000. Influence of row spacing on yield of guinea grass. *Thai National AGRIS Centre*, 28(1):32-35.