

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**TESIS**

***MORINGA OLEIFERA* LAM.: UNA ALTERNATIVA DE FORRAJE CON ALTO  
CONTENIDO DE PROTEÍNA PARA LAS PARTES BAJAS DEL ESTADO DE NUEVO  
LEÓN**

**PRESENTA**

**ZAHIDD MEZA CARRANCO**

**PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**JUNIO, 2017**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**SUBDIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**TESIS**

***Moringa oleifera* Lam.: UNA ALTERNATIVA DE FORRAJE CON ALTO CONTENIDO DE PROTEÍNA PARA LAS PARTES BAJAS DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN**

**PRESENTA**

**ZAHIDD MEZA CARRANCO**

**PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**GENERAL ESCOBEDO, NUEVO LEÓN, MÉXICO**

**JUNIO DE 2017**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**SUBDIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**TESIS**

***Moringa oleifera* Lam.: UNA ALTERNATIVA DE FORRAJE CON ALTO CONTENIDO DE PROTEÍNA PARA LAS PARTES BAJAS DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN**

PRESENTA

**ZAHIDD MEZA CARRANCO**

PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**GENERAL ESCOBEDO, NUEVO LEÓN, MÉXICO**

**JUNIO DE 2017**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

LA TESIS CON EL TÍTULO: *Moringa oleifera* Lam.: UNA ALTERNATIVA DE FORRAJE CON ALTO CONTENIDO DE PROTEÍNA PARA LAS PARTES BAJAS DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN, ELABORADA POR: ZAHIDD MEZA CARRANCO, FUE REVISADA Y APROBADA POR EL COMITÉ PARTICULAR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTOR EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

COMITÉ PARTICULAR



---

Ph. D. Emilio Olivares Sáenz  
Director de Tesis



---

Ph. D. Erasmo Gutiérrez Ornelas  
Codirector de Tesis



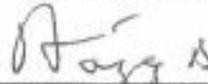
---

Dr. Hugo Bernal Berragán  
Codirector de Tesis



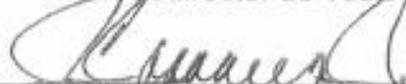
---

Dra. Juana Aranda Ruiz  
Codirector de Tesis



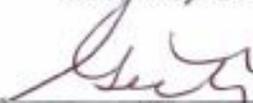
---

Ph. D. Rigoberto E. Vázquez Alvarado  
Codirector de Tesis



---

Dr. Roberto Carranza de la Rosa  
Codirector de Tesis



---

Dra. Adriana Gutiérrez Díez  
Subdirectora de Estudios de Postgrado

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS:**

Por permitirme dar otro paso en la vida, en compañía de mis seres queridos, así como brindarme la oportunidad de generar información de utilidad a la humanidad, dándome una gran satisfacción al saber que mi paso por este mundo fue provechoso.

### **A MI FAMILIA:**

Por apoyarme durante toda mi vida, brindándome todo lo necesario para ser feliz y acompañarme en todos los momentos de mi vida.

### **A MIS COMPAÑEROS DE CLASES:**

Luis Enrique, Alejandro Ibarra, Manuel Quintero, Jaime Cavazos, Carina Almaguer, Alejandro Rivas y Janeth Guardiola, por compartir la dicha de ser estudiantes y brindarme sus experiencias de vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **Al Ph. D. Emilio Olivares Sáenz**

Por brindarme el apoyo necesario en mi formación académica, desde la planificación del proyecto, hasta el compartir los avances de la investigación obtenidos en cada semestre, por medio de los cursos impartidos sobre “*Moringa oleifera*: Propiedades, usos y manejo del cultivo”, celebrados en el Centro de Agricultura Protegida.

### **Al Ph. D. Erasmo Gutiérrez Ornelas**

Por su importante orientación, así como permitirme compartir los conocimientos adquiridos durante la realización de esta investigación, con productores rurales, beneficiándolos con información aplicable.

### **Al Ph. D. Rigoberto E. Vázquez Alvarado**

Por su apoyo en todos los sentidos durante mi estancia en la Facultad y especialmente por su amistad.

### **Al Dr. Hugo Bernal Barragán**

Por su orientación en los análisis de laboratorio correspondientes a la presente investigación.

**A la Dra. Juana Aranda Ruiz**

Por su disponibilidad de orientar en los análisis de laboratorio pertinentes a la presente investigación.

**Al Dr. Roberto Carranza de la Rosa**

Por brindarme su asesoría en las prácticas de campo requeridas para la realización de este estudio.

**Al Ing. Fernando Cabrieles Luna**

Por brindarme su asesoría en los análisis de laboratorio pertinentes a la presente investigación

**A la Universidad Autónoma de Nuevo León, a la Facultad de Agronomía, la Subdirección de Estudios de Postgrado de la FAUANL, al Centro de Agricultura Protegida de la FAUANL, al CONACYT y a la Fundación Produce, Nuevo León, AC, que debido a la participación de todas ellas en conjunto, facilitaron mi proceso de formación académica e investigación.**

## ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DE TESIS.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
RESUMEN.....	xi
SUMMARY.....	xii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Origen de <i>Moringa oleifera</i> Lam. e Importancia de su Forraje .....	3
2.2. Antecedentes de Usos de <i>M. oleifera</i> Forrajera.....	4
2.3. Factores que Afectan la Producción de Forraje en <i>M. oleifera</i> .....	4
2.3.1. Temperatura.....	5
2.3.2. Humedad.....	6
2.3.3. Fertilización.....	6
2.3.4. Densidad de población.....	8
2.3.5. Frecuencia de corte .....	8
2.3.6. Variedad de <i>M. oleifera</i> .....	9
2.4. Ensilado de <i>M. oleifera</i> .....	10
2.4.1. Técnicas de ensilado de <i>M. oleifera</i> .....	11

2.5. Factores que Afectan el Ensilado de <i>M. oleifera</i> .....	11
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
3.1. Localización del Experimento .....	13
3.2. Tratamientos.....	13
3.3. Preparación del Área Experimental.....	15
3.3.1. Aplicación de fertilizantes.....	16
3.4. Instalación del Sistema de Riego .....	17
3.5. Pruebas de Germinación .....	18
3.6. Pruebas de Trasplante .....	20
3.7. Medición del Desarrollo del Cultivo .....	20
3.8. Iluminación en el Cultivo de <i>M. oleifera</i> para Forraje .....	22
3.9. Cosecha de Forraje .....	24
3.10. Procesos para Análisis de Laboratorio .....	25
3.11. Determinaciones en Laboratorio.....	26
3.12. Tipos y Tiempos de Almacenamiento de biomasa de <i>M. oleifera</i> .....	28
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1. Germinación de Semillas de <i>M. oleifera</i> .....	30
4.2. Trasplante de <i>M. oleifera</i> .....	31
4.3. Medición del Desarrollo del Cultivo de <i>M. oleifera</i> para Forraje.....	32
4.3.1. Altura de planta .....	32
4.3.2. Velocidad de crecimiento.....	42
4.3.3. Diámetro de tallo .....	45

4.3.4. Número de tallos.....	61
4.3.5. Número de hojas.....	65
4.3.6. Correlaciones en el desarrollo del cultivo.....	87
4.4. Iluminación en el Cultivo de <i>M. oleifera</i> para Forraje.....	90
4.5. Producción de Biomasa.....	93
4.5.1. Producción de biomasa fresca.....	93
4.5.2. Producción de biomasa seca.....	96
4.5.3. Relación tallo: hoja.....	99
4.6. Mortalidad de Plantas de <i>M. oleifera</i> para Forraje.....	101
4.7. Análisis Bromatológico en Forraje de <i>M. oleifera</i> .....	105
4.7.1. Contenido de proteína cruda .....	105
4.7.2. Contenido de fibra detergente neutro .....	107
4.7.3. Contenido de fibra detergente ácido .....	108
4.7.4. Contenido de lignina .....	109
4.7.5. Contenido de proteína cruda en fibra detergente neutro.....	110
4.7.6. Contenido de proteína cruda en fibra detergente ácido.....	111
4.7.7. Contenido de proteína cruda en lignina .....	112
4.7.8. Contenido de cenizas .....	112
4.8. Análisis Bromatológico en Hojas y Tallos de <i>M. oleifera</i> .....	113
4.8.1. Contenido de proteína cruda en hojas .....	113
4.8.2. Contenido de proteína cruda en tallos .....	114
4.8.3. Nitrógeno no proteico en hojas.....	115

4.8.4. Nitrógeno no proteico en tallos.....	117
4.8.5. Proteína verdadera en hojas.....	117
4.8.6. Proteína verdadera en tallos.....	118
4.9. Análisis Bromatológico en Tipos y Tiempos de Almacenamiento de Biomasa de <i>M. oleifera</i> .....	119
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	123
6. BIBLIOGRAFÍA.....	125
7. APÉNDICE.....	139

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Croquis de los tratamientos en campo .....	14
Figura 2. Preparación del área experimental utilizando una rastra integral.....	15
Figura 3. Instalación del sistema de riego por goteo en el área experimental....	17
Figura 4. Producción de plántula de <i>M. oleifera</i> en cajas de propagación.....	19
Figura 5. Obtención de datos del cultivo de <i>M. oleifera</i> para producción de forraje .....	21
Figura 6. Iluminación en cultivo de <i>M. oleifera</i> para producción de forraje.....	23
Figura 7. Cosecha de forraje de <i>M. oleifera</i> .....	24
Figura 8. Germinación de dos variedades de <i>M. oleifera</i> (vaina corta (VC) y vaina larga (VL)) con y sin alas en diversos tiempos de remojo.....	31
Figura 9. Altura de planta (cm) y temperatura ambiental media (°C) en altura de planta al corte promedio de 145.7 cm (APC1), evaluadas por semana durante los años 2013 y 2014 .....	33
Figura 10. Altura de planta (cm) y temperatura ambiental media (°C) en altura de planta al corte promedio de 178.4 cm (APC2), evaluadas por semana durante los años 2013 y 2014.....	39
Figura 11. Velocidad de crecimiento del cultivo de <i>M. oleifera</i> , temperatura ambiental mínima y temperatura ambiental máxima.....	43
Figura 12. Velocidad de crecimiento del cultivo de <i>M. oleifera</i> , altura de planta, temperatura ambiental mínima y temperatura ambiental máxima....	45

Figura 13. Diámetro de tallo y temperatura ambiental media (°C) en altura de planta al corte promedio de 145.7 cm (APC1), evaluadas por semana durante los años 2013 y 2014 .....	48
Figura 14. Diámetro de tallo y temperatura ambiental media (°C) en altura de planta al corte promedio de 178.4 cm (AP2), evaluadas por semana durante los años 2013 y 2014 .....	56
Figura 15. Número de hojas y temperatura ambiental media (°C) en altura de planta al corte promedio de 145.7 cm (APC1), evaluadas por semana durante los años 2013 y 2014 .....	76
Figura 16. Número de hojas y temperatura ambiental media (°C) en altura de planta al corte promedio de 178.4 cm (APC2), evaluadas por semana durante los años 2013 y 2014 .....	86
Figura 17. Altura de planta y diámetro de tallo en cultivo de <i>M. oleifera</i> para forraje .....	87
Figura 18. Altura de planta y número de hojas en cultivo de <i>M. oleifera</i> para forraje .....	88
Figura 19. Número de hojas y diámetro de tallo en cultivo de <i>M. oleifera</i> para forraje .....	89
Figura 20. Número de hojas y número de tallos en cultivo de <i>M. oleifera</i> para forraje .....	90
Figura 21. Iluminación en diversas alturas de lecturas sobre el nivel del suelo en cultivo de <i>M. oleifera</i> para forraje .....	93

## RESUMEN

El cultivo de *Moringa oleifera* Lam. para la producción de forraje, es una importante alternativa debido a su alto contenido de proteína. Esta especie se desarrolla en lugares de clima cálido, tal como el registrado en las partes bajas del Estado de Nuevo León, México, durante los períodos primavera, verano y otoño, por lo que el objetivo de la presente investigación fue evaluar dos niveles de fertilización nitrogenada (0 y 400 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), dos variedades de *M. oleifera* (vaina corta y vaina larga), dos densidades de población (11 y 33 plantas m<sup>-2</sup>) y dos alturas de planta al corte (145.7 y 178.4 cm) en cuanto al crecimiento de *M. oleifera* (altura de planta, diámetro de tallo, número de tallos y número de hojas), la producción de biomasa fresca y seca en hojas y tallos, así como su contenido de proteína cruda, proteína verdadera, nitrógeno no proteico, además de determinar en el forraje el contenido de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina, cenizas, proteína cruda en las fracciones de fibra detergente neutro (PC FDN), fibra detergente ácido (PC FDA) y lignina (PC lignina), así como evaluar tres tipos de almacenamiento (forraje seco, ensilado de moringa y ensilado de moringa con melaza) y dos tiempos de almacenamiento (84 y 168 días) en el contenido de PC, FDN, FDA, lignina y cenizas. Los resultados indicaron que el cultivo de *M. oleifera* se adaptó bien a las partes bajas de este Estado, ofreciendo una alternativa como fuente de proteína tanto en forraje como en ensilado, por lo que se recomienda su cultivo para tal fin en estas localidades.

Palabras clave: *Moringa oleifera* Lam., forraje, proteína.

## SUMMARY

*Moringa oleifera* Lam. crop to forage production, is an important alternative due it's high protein content. This plant develops in warm weather such as registered in low regions of Nuevo León, State, México, during spring, summer and fall seasons, therefore the objective of this study was to evaluate two nitrogen fertilization levels (0 and 400 kg N ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>), two population densities (11 and 33 plants m<sup>-2</sup>), two varieties of *M. oleifera* (short pod and long pod) and two plant height cutting (145.7 and 178.4 cm) in *M. oleifera* development (plant height, stem diameter, stem number and leaf number), biomass production in leaves and stems (fresh and dry) and their content of crude protein, true protein, non-protein nitrogen, also determinate in forage the content of crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), lignin, ash, crude protein in neutral detergent fiber (CP NDF), crude protein in acid detergent fiber (CP ADF), crude protein in lignin (CP Lignin), furthermore evaluate three storage forms (dry forage, moringa silage and moringa silage with molasses) and two storage times (84 and 168 days) in the content of CP, NDF, ADF, lignin and ash. The results showed that *M. oleifera* crop was well adapted to low regions of this State, offering an alternative of protein source like forage such as silage, therefore is recommended their propagation with this propose in low regions of Nuevo León, State, México, in which an alternative protein source is required.

Keywords: *Moringa oleifera* Lam., forage, protein.

## 1. INTRODUCCIÓN

El forraje de *Moringa oleifera* Lam. tiene un alto contenido de proteína cruda, comparado con otros forrajes como el de maíz, sorgo, zacate buffel, pretoria, entre otros. Sin embargo, los factores que más afectan la productividad de los forrajes son: fertilización, temperatura, humedad, altitud sobre el nivel del mar, variedad o genotipo utilizado, densidad de población y etapa fenológica de la planta.

En el forraje de *M. oleifera* no se han realizado estudios que combinen estos factores, considerando sus efectos en el desarrollo del cultivo, así como en la producción de biomasa, contenido de proteína cruda en la biomasa y en las fracciones de fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y lignina, además del contenido de proteína verdadera, nitrógeno no proteico y proteína cruda en hojas y tallos. Considerando estos componentes como básicos en la nutrición del ganado, se esperaba que el forraje de *M. oleifera* pueda complementar la nutrición de los bovinos en las condiciones de pastoreo del noreste de México; sin embargo, la planta de *M. oleifera* es susceptible a temperaturas menores de 20 °C, por lo que en las zonas altas del Estado de Nuevo León tendrían esta limitación.

Debido a la escasa información sobre forraje de moringa, aunado a que cada especie animal tiene sus propios requerimientos de proteína de acuerdo a la etapa fisiológica en que se encuentre, lo más adecuado sería proporcionar a los animales la nutrición específica que requieran. La presente investigación abordará los aspectos

antes mencionados, donde el forraje de moringa sería una oportunidad destacada entre los forrajes tradicionales.

### Hipótesis

El forraje de *M. oleifera* es un forraje con alto contenido de proteína, pudiendo variar su producción de biomasa y contenido de proteína cruda, de acuerdo a factores como fertilización nitrogenada, variedad de *M. oleifera*, densidad de población y altura de planta al corte; por lo tanto, los cambios en estos factores modifican la producción de forraje fresco y seco, el contenido de proteína cruda en hojas y tallos, así como en las fracciones de FDN, FDA y lignina en el forraje.

Los forrajes almacenados durante un período prolongado de tiempo sufren cambios en su composición, así como cuando se agregan aditivos para lograr dichos cambios, por lo tanto hay transformación en el contenido de proteína cruda en el forraje de *M. oleifera* al ensilarse solo o con aditivo en diversos tiempos de almacenamiento.

### Objetivos

Evaluar la producción de biomasa fresca y seca, el contenido de proteína en hojas y tallos, así como en las fracciones de FDN, FDA y lignina en el forraje de *M. oleifera*.

Determinar el contenido de proteína cruda, en diferentes tiempos y tipos de almacenamiento del forraje de *M. oleifera*.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Origen de *Moringa oleifera* Lam. e Importancia de su Forraje

La planta de *M. oleifera* es nativa de la India, se ha cultivado en África, sur y sureste de Asia, el centro y sur de América, México, Malasia, Indonesia y las Filipinas (Paliwal *et al.*, 2011). Esta planta tiene uso tanto medicinal como nutricional, por sus altos niveles de proteína, potasio, calcio, hierro, vitaminas A y C (Hiawatha, 2010; Pérez *et al.*, 2010; Olson y Fahey, 2011; Martin, 2012), además de contener moléculas orgánicas como quercetina, kaempferol, ácido clorogénico, moringinina, niaziminina y acetato de aurantiamide (Faizi *et al.*, 1992; Singh *et al.*, 2009; Pachauri *et al.*, 2013; Masurkear *et al.*, 2015); por lo que comparada con otros forrajes como el zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*), pretoria (*Dichanthium annulatum*), jhonson (*Sorghum halepense*), entre otros (Howard, 2004; Sultan *et al.*, 2008; Mishra *et al.*, 2010; Asaolu *et al.*, 2011; Dillard *et al.*, 2012), se destaca con mayor contenido de proteína cruda y debido a estas cualidades que posee, se le considera una de las plantas más importantes del planeta, con un alto impacto sobre la nutrición animal (Mathur, 2005; NRC, 2006; Asaolu *et al.*, 2011; Olson y Fahey, 2011).

La moringa cuenta además con una baja cantidad de factores anti nutricionales como lo son los inhibidores de proteasas, taninos, saponinas y lecitinas, considerándolas insignificantes (Olson y Fahey, 2011). Makkar y Becker (1996), encontraron que las hojas de moringa contienen bajas cantidades de taninos, el

contenido de saponinas fue similar al de la harina de soya, además de que no detectaron inhibidores de tripsinas y lecitinas. Martin (2012), reportó que la baja cantidad de factores anti nutritivos contribuye a la amplia aceptación del consumo de las hojas.

## **2.2. Antecedentes de Usos de *M. oleifera* Forrajera**

El contenido de proteína en el forraje de moringa, hace que se le considere como una fuente alternativa para la alimentación animal, por lo que Mendieta *et al.* (2011b), realizaron experimentos en los que combinaron la moringa con pastos de menor cantidad proteica y reportaron que el forraje de moringa puede reemplazar exitosamente el concentrado comercial para vacas lecheras. Foidl *et al.* (1999), realizaron investigaciones en vacas lecheras, ofreciéndoles forraje fresco (hojas, tallos y ramas picadas), utilizando hasta 27 kg animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y no se registraron problemas de palatabilidad ni disminución en los volúmenes de leche, además de que el costo de la moringa en esos experimentos fue de 10% respecto al concentrado.

## **2.3. Factores que Afectan la Producción de Forraje en *M. oleifera***

Existen factores que modifican el comportamiento de la planta, tanto en la velocidad de crecimiento como el contenido nutricional de ésta, algunos de estos factores son: la temperatura ambiental, disponibilidad de humedad en el suelo, la densidad de población, la altura de planta al momento de cosechar, la variedad, y el contenido de

nutrientes en el suelo (Reyes *et al.*, 2006; Alfaro *et al.*, 2008; Abubakar *et al.*, 2011; Bamishaiye *et al.*, 2011 y Mendieta *et al.*, 2013).

Además la producción de forraje de *M. oleifera* es propensa a diversas plagas como ácaros, termitas, áfidos, minadores, mosquitas blancas y orugas, por lo que Palada y Chang (2003), recomiendan realizar prácticas de control de plagas. Mendieta *et al.* (2013), registraron una mortalidad de 0.37 % en el cultivo de *M. oleifera*, debido a la termita (*Heterotermes aureus* Snyder). Lezcano *et al.* (2014), reportaron que el cultivo de *M. oleifera* es afectado también por enfermedades fungosas como *Collectotrichum dematium* (Pers.) Grove y *Fusarium solani* (Mart) Sacc..

### **2.3.1. Temperatura**

La planta de *M. oleifera* se desarrolla en climas cálidos, Mendieta *et al.* (2013), realizaron una investigación sobre forraje de moringa, en el que la temperatura media anual fue de 27 °C, obteniendo buenos rendimientos de forraje (21.2 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) bajo este régimen de temperatura. Reyes *et al.* (2006), obtuvieron buenos rendimientos de materia seca (24.7 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) en la producción de forraje de moringa, con una temperatura media anual de 27.3 °C; sin embargo, Paliwal *et al.* (2011) y Ferreira *et al.* (2015), mencionan que el cultivo de *M. oleifera* disminuye su crecimiento con temperaturas inferiores a 20 °C

### **2.3.2. Humedad**

La disponibilidad de humedad en el suelo es un factor que modifica el comportamiento del cultivo, tal como lo reportaron Abubakar *et al.* (2011), reportaron que el cultivo de *M. oleifera* tiene variaciones anatómicas y morfológicas debidas a factores como la velocidad del viento y el contenido de humedad en el suelo; además, Patel *et al.* (2014), encontraron que el desarrollo de las células en el xilema de *M. oleifera* está asociado con el contenido de humedad disponible para las plantas, coincidiendo con los resultados obtenidos por Reyes *et al.* (2006), quienes realizaron un experimento para producción de biomasa de *M. oleifera* durante dos años (Julio de 2001 a Noviembre de 2003), obteniendo una producción de biomasa seca de 24.7 y 10.4 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, en el primero y segundo año, respectivamente, atribuyendo la menor producción de biomasa en el segundo año, a una menor precipitación pluvial.

### **2.3.3. Fertilización**

Las plantas, al igual que en todos los seres vivos, requieren de un balance nutricional que les proporcione un desarrollo adecuado. Entre los nutrimentos más relevantes se destacan el nitrógeno, fósforo, potasio, entre otros; sin embargo, en la mayoría de los casos no están en cantidades adecuadas para obtener altos rendimientos y de buena calidad, haciendo indispensable agregar nutrimentos por medio de fertilizantes, ya que sin ellos, la producción será cada vez menor debido al empobrecimiento paulatino del suelo por la extracción de los nutrimentos en cada

cosecha (Cooper *et al.*, 1967; Rebolledo, 1998; Vázquez *et al.*, 2010; SAGARPA, 2012b y FAO, 2015).

Para obtener una buena cosecha de moringa y favorecer la formación de proteína en la planta, Alfaro *et al.* (2008), recomiendan la aplicación de nitrógeno. Reyes *et al.* (2006), utilizaron para la producción de forraje de moringa una fertilización de 90-30-30 kg de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> en dos épocas, una después de la siembra y otra después del corte, obteniendo como resultado que en el primer año la moringa produjo una cantidad de materia seca (MS) superior a 24.7 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, mientras que en el segundo registró más de 10.4 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, cosechando en ambos años con frecuencia de cada 75 días, la disminución en la producción de MS entre el primer y el segundo año fue debida, según el reporte, en gran parte por una mayor precipitación pluvial en el primer año; sin embargo, pudo haber afectado además la pérdida de nutrientes disponibles en el suelo, ocasionada por la extracción de biomasa de moringa en el primer año, por lo que recomiendan realizar investigaciones en las que se incluya niveles de fertilización.

La fertilización con nitrógeno para la producción de forraje de moringa fue evaluada por Mendieta *et al.* (2013), utilizando las dosis de 0, 261, 521 y 782 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, encontrando que la mejor respuesta en producción de materia seca total (27 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), se obtuvo con 521 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y a una densidad de población de 167,000 plantas ha<sup>-1</sup>.

#### **2.3.4. Densidad de población**

La densidad de población es un factor que afecta la cantidad de forraje que se puede producir en un espacio determinado, tal como lo demuestran Reyes *et al.* (2006), utilizando densidades de población para el cultivo de moringa con 25, 50 y 75 plantas  $m^{-2}$ , durante un período de dos años en el que la mayor producción de materia seca se presentó en el primer año con la densidad de 75 plantas  $m^{-2}$ , obteniendo  $18.9 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , mientras que en el segundo año la mayor producción de forraje se logró con 50 plantas  $m^{-2}$  con una producción mayor de  $8.1 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ . La disminución en la producción de forraje de un año a otro, fue afectada por la falta de fertilización en el segundo año, acompañado de una precipitación pluvial menor que en el primer año, por lo que se deduce que de acuerdo a las condiciones en que se tenga el cultivo, la densidad de población óptima puede cambiar.

La densidad de población óptima para la producción de forraje de *M. oleifera* fue evaluada por Foidl *et al.* (1999), quienes utilizaron: 10, 20, 35, 90, 100, 400 y 1600 plantas  $m^{-2}$ , encontrando que la densidad óptima fue de 100 plantas  $m^{-2}$ , realizando hasta 8 cortes por año con intervalos de 35 a 45 días.

#### **2.3.5. Frecuencia de corte**

La frecuencia con la que se corta el forraje de moringa es un factor que afecta el comportamiento de la planta, reflejado en sus propiedades bromatológicas, por lo que

se han realizado experimentos al respecto tal como el de Bamishaiye *et al.* (2011), quienes reportaron que hojas cosechadas con 140 días de madurez, presentan un mayor contenido de nutrientes que las cosechadas en períodos inferiores; dentro de los análisis realizados en laboratorio encontraron que el contenido de proteína cruda en base seca puede variar de 235.8 a 308.3 g kg<sup>-1</sup>, obteniendo estos valores con 105 y 140 días de madurez, respectivamente. Reyes *et al.* (2006), evaluaron etapas para cosechar forraje con 45, 60 y 75 días de rebrote, registrando una mayor cantidad de materia seca en el corte a los 75 días; sin embargo, la etapa de cosecha no afectó el contenido de proteína cruda en base seca (228.0 g kg<sup>-1</sup>).

### **2.3.6. Variedad de *M. oleifera***

Debido a que la moringa se ha extendido desde la India hasta el resto del Mundo, se ha adaptado a diversas condiciones locales y se han generado muchas variaciones de la planta (Mathur, 2005), existiendo la posibilidad de que no todos los genotipos de moringa tengan el mismo contenido de nutrientes, por lo que se hace necesario contar con la mayor cantidad de cepas posible para poder obtener un mayor conocimiento de la variación genética en los parámetros de interés, tales como producción de forraje, contenido de proteína y fibra, entre otros (Olson y Fahey, 2011). Abubakar *et al.* (2011), encontraron que al Norte de Nigeria, las hojas de la *M. oleifera* tienen variaciones anatómicas y morfológicas, lo que sugiere que se puede formar una base para la posibilidad de mejorar el cultivo. Además encontraron que las variaciones en la epidermis de la pared celular pueden ser atribuidas a muchos factores ambientales,

entre los cuales se encuentran la velocidad del viento y el contenido de humedad en el suelo.

En México existe también una amplia variabilidad de condiciones climatológicas, como edáficas, lo que produce una estructura productiva de las actividades agropecuarias con características muy diferentes entre una y otra región (SAGARPA, 2007), por lo que es importante realizar estudios localizados sobre el contenido nutricional de las hojas y sus efectos en diferentes áreas (Mathur, 2005).

#### **2.4. Ensilado de *M. oleifera***

Diversas investigaciones se han realizado para utilizar al máximo el forraje, en donde se ha obtenido que, una forma de ahorrar en costos de suplementación es almacenando forraje (ensilar) en temporadas con mayor producción, con el propósito de que en temporadas de escasas poder ofrecer a los animales un forraje de buena calidad (Kemble, 1956; Mendieta *et al.*, 2009 y Mendieta *et al.*, 2011a).

La calidad del ensilaje de moringa ha sido evaluado por Mendieta *et al.* (2009), quienes concluyeron que el forraje de moringa con 1 a 5 % de melaza agregada, produce un ensilaje de buena calidad. Posteriormente, Mendieta *et al.* (2011a), realizaron una investigación en la que encontraron que el ensilado de moringa puede ser ofrecido a vacas lecheras en grandes cantidades sin ningún efecto negativo en el

consumo de nutrientes o digestibilidad, además de que las vacas alimentadas con grandes cantidades de moringa producen la misma cantidad y tan alta calidad de leche como las vacas alimentadas con dietas convencionales de pasto elefante.

#### **2.4.1. Técnicas de ensilado de *M. oleifera***

El ensilar forrajes es un método para preservar las características nutricionales lo más similar al forraje fresco. Existen diversas formas de ensilar un forraje, pero todas tienen el mismo principio, que consiste en evitar que el forraje tenga contacto con el oxígeno y mantener la temperatura por debajo de los 30 °C, así como mantener un nivel de humedad constante, teniendo el forraje con el punto óptimo de humedad entre el 60 y 70 %, se compacta y posteriormente se cubre con lona o plástico, cuando se tienen dimensiones pequeñas de forraje, se pueden usar bolsas de plástico (silobolsas) compactadas con el peso de una persona, mientras que en volúmenes grandes se puede cubrir solo con una lona después de compactar con el peso del tractor (SAGARPA, 2012a).

#### **2.5. Factores que Afectan el Ensilado de *M. oleifera***

La calidad de un forraje es afectada por factores como el tipo de almacenamiento, el tiempo de almacenamiento, el tamaño de partícula, la humedad al momento de ensilar, la presencia de oxígeno, la temperatura durante el período del ensilado, el uso de aditivos, entre otros factores (Gordon *et al.*, 1961; Roffler *et al.*, 1967; Thomas *et al.*,

1969; Muck y Dickerson, 1988; Kung *et al.*, 1993; Broderick y Muck, 2009; Herrmann *et al.*, 2011 y SAGARPA 2012a). El tamaño de partícula es importante, debido a que entre más pequeña sea, mejor acomodo tendrá al momento de compactarla; sin embargo, en los rumiantes es preferible un tamaño de partícula de 1 a 2 cm, con la intención de fomentar la rumia. El contenido de humedad para lograr una buena fermentación se encuentra entre 60 y 70 %, obteniéndose en forma simple con la técnica de la bola que consiste en agarrar un puñado de forraje y aplastarlo con la fuerza de la mano, si escurre, entonces tiene más de 70 % de humedad, si no escurre y al momento de abrir la mano, la bola se expande lentamente, significa que tiene el contenido óptimo de humedad (entre 60 y 70 %), pero si al abrir la mano, la bola se expande rápidamente, es señal de que el forraje tiene menos del 60 % de humedad. La presencia de oxígeno se evita con una buena compactación y la ausencia de oxígeno fomenta el desarrollo de bacterias ácido lácticas y éstas disminuyen a su vez el pH, favoreciendo la conservación del forraje en condiciones muy similares a cuando es recientemente cosechado. La temperatura del silo debe ser inferior a 30 °C para favorecer la conservación óptima del forraje. El uso de aditivos puede modificar considerablemente la calidad del forraje ensilado (SAGARPA, 2012a); teniendo como indicadores de la calidad de un forraje al contenido de PC, FDN, FDA, lignina y cenizas, entre otros (Wilkins *et al.*, 1971; Owens *et al.*, 1999; Owens *et al.*, 2002; Gehman *et al.*, 2008; Marco *et al.*, 2009; Arriola *et al.*, 2012 y Ferraretto *et al.*, 2013).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Localización del Experimento**

El presente trabajo se estableció en el período 2013 – 2015 a cielo abierto en Instalaciones de la FAUANL localizadas en el Campus de Ciencias Agropecuarias en el Municipio de General Escobedo, Nuevo León, con una ubicación geográfica de 25° 47' 07.54" latitud Norte, 100° 17' 03.93" longitud Oeste, altitud de 479 msnm (INEGI, 2015) y precipitación pluvial anual de 581.4 mm (INEGI, 2011).

#### **3.2. Tratamientos**

Los factores y niveles que se evaluaron fueron los siguientes: dos niveles de fertilización nitrogenada (0 y 400 kg ha<sup>-1</sup>), dos variedades de *M. oleifera* (vaina corta (24 cm) y larga (45 cm)), dos densidades de población (11 y 33 plantas m<sup>-2</sup>) y dos alturas de planta al corte (145.7 y 178.4 cm (APC1 y APC2, respectivamente)). Los tratamientos se formaron con la combinación de los niveles de los factores, utilizado en el establecimiento del cultivo un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, con arreglo factorial Taguchi de 2<sup>4</sup> (Peace, 1993), con una unidad experimental de 3.00 x 2.75 m.

Los tratamientos se asignaron de la siguiente manera:

T1 = F1V1D1APC1	T5 = F2V1D1APC2
T2 = F1V1D2APC2	T6 = F2V1D2APC1
T3 = F1V2D1APC2	T7 = F2V2D1APC1
T4 = F1V2D2APC1	T8 = F2V2D2APC2

Donde: T = Tratamiento; F1 = Fertilización sin nitrógeno ( $0 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ); F2 = Fertilización con nitrógeno ( $400 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ); V1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 33 plantas  $\text{m}^{-2}$ ; D2 = Densidad de población de 11 plantas  $\text{m}^{-2}$ ; APC1 = Altura de planta al corte promedio durante el experimento 145.7 cm; APC2 = Altura de planta al corte promedio durante el experimento 178.4 cm

Cada uno de los tratamientos se repitió 4 veces en el campo (Figura 1).

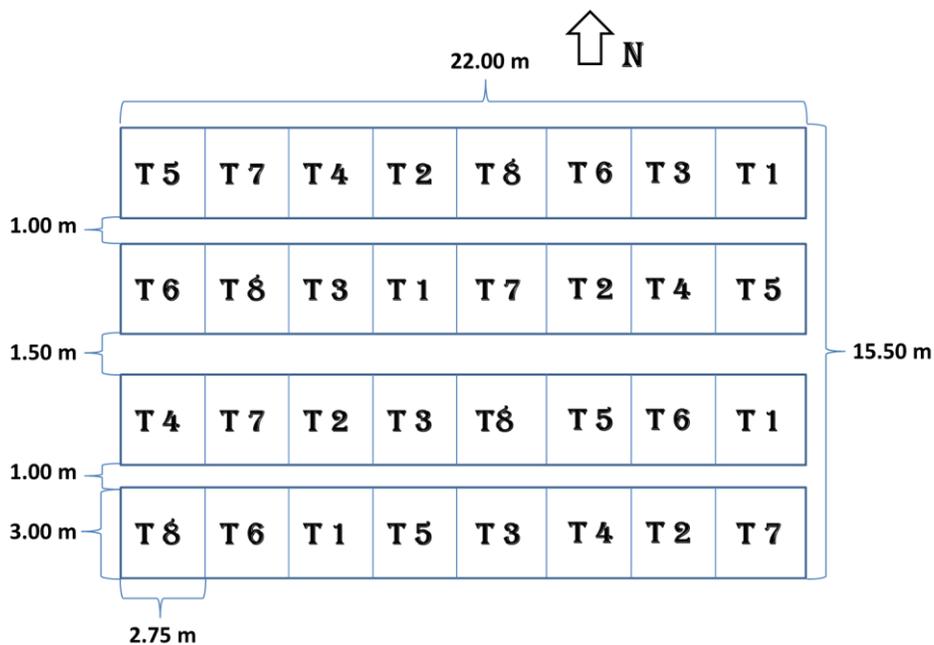


Figura 1.- Croquis de los tratamientos en campo.

### 3.3. Preparación del Área Experimental

En el área experimental se preparó el suelo con dos pasos de rastra cruzada (Figura 2) y posteriormente se lotificó el área para ubicar las unidades experimentales.



Figura 2. Preparación del área experimental utilizando una rastra integral.

La distancia entre surcos utilizada para la siembra en todos los tratamientos fue de 30 cm, mientras que entre plantas se utilizaron 10 cm para los tratamientos 1, 3, 5 y 7 y 30 cm para los tratamientos 2, 4, 6 y 8.

En el área experimental, se tomó una muestra compuesta del suelo con profundidad de 0 a 30 cm y se determinó la clase textural, punto de saturación de bases, capacidad de campo, punto de marchitez permanente, conductividad hidráulica, densidad

aparente, pH, carbonatos totales, salinidad, calcio intercambiable, magnesio intercambiable, potasio intercambiable, sodio intercambiable, capacidad de intercambio catiónico, contenido de fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio, hierro, zinc, manganeso, cobre, boro, azufre y nitrógeno nítrico (Apéndice A 59).

La temperatura ambiental ( $^{\circ}\text{C}$ ) durante el experimento, se registró con un almacenador de datos instalado en el área experimental (Data Logger S100TH), en el que se obtuvieron las lecturas a intervalos de cada hora (reportando los valores promedio por semana en altura de planta desde Apéndice A 1 hasta A 13, en diámetro de tallo desde Apéndice A 14 hasta A 26 y en número de hojas desde Apéndice A 30 hasta A 42).

El control de malezas fue manual. Cuando las plantas alcanzaron la altura determinada al tratamiento correspondiente (145.7 y 178.4 cm, tratamientos 1, 4, 6 y 7 así como 2, 3, 5 y 8, respectivamente), se realizó el corte a 15 cm de altura sobre el nivel del suelo en forma manual (con pinzas para podar) y se registró su peso.

### **3.3.1. Aplicación de fertilizantes**

El área experimental total ( $563 \text{ m}^2$ ) se fertilizó con vermicomposta de estiércol bovino (el 07 de marzo del 2013) a razón de  $5 \text{ Mg ha}^{-1}$ , utilizando una roto cultivadora para su incorporación al suelo. Además en el área de los tratamientos ( $264 \text{ m}^2$ ) se utilizó fertilizante granulado con fósforo y potasio ( $50$  y  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  y  $\text{K}_2\text{O}$

respectivamente); para agregar el nitrógeno se aplicó sulfato de amonio (N) a razón de 100 kg N ha<sup>-1</sup> al inicio del establecimiento del cultivo y 15 días después de cada cosecha, solo para los tratamientos 5, 6, 7 y 8.

### 3.4. Instalación del Sistema de Riego

En el área experimental se instaló un sistema de riego por goteo, utilizando cintilla de 16 mm de diámetro interno, con goteros espaciados a 20 cm y un gasto de 484 l h<sup>-1</sup> en 100 m a 10 psi. El espacio utilizado para la ubicación de la cintilla en el campo fue de 60 cm entre líneas de riego (Figura 3) y éste estuvo sujeto para su aplicación al monitoreo de humedad en el suelo diariamente a través de dos tensiómetros con profundidad de 30 cm ubicados en forma aleatoria en el área experimental, aplicando riego cuando las lecturas indicaban entre 15 y 25 centibares (cb) (manteniendo el sistema radicular en capacidad de campo según Martin, 2010).



Figura 3. Instalación del sistema de riego por goteo en el área experimental.

### 3.5. Pruebas de Germinación

El porcentaje de germinación en las dos variedades de *M. oleifera* fue evaluado utilizando semillas colectadas en el período de otoño-invierno del año 2012, la colecta de semillas se realizó cuando las valvas presentaron la madurez (color café y secas).

Dos pruebas de germinación fueron realizadas en cajas de propagación de color blanco de unicel de 200 cavidades cada una y utilizando sustrato de esfagno grado hortícola (COSMOPEAT).

La primera prueba de germinación se realizó en febrero 25 del 2013, sembrando 100 semillas de cada variedad (vaina corta y vaina larga) en la misma caja de propagación; a las semillas se les quitaron previamente las alas para que obtuvieran un mejor contacto con el sustrato. El porcentaje de germinación se registró 15 días después de la siembra.

La segunda prueba se realizó en marzo 12 del 2013, consistiendo de remojar la semilla de las dos variedades, con y sin alas por períodos de 0, 12 y 24 horas, ya que las semillas de diversos cultivos pueden obtener mayor germinación con un tratamiento previo de humedecimiento, tal como lo reportado por Fuentes *et al.* (2011); en la presente investigación el período de 24 horas de remojo consistió en sumergir la semilla en agua durante 12 horas, posteriormente se expuso la semilla a una hora de

aireación y después se volvieron a sumergir las semillas en agua durante otras 12 horas. El porcentaje de germinación se registró 15 días después de la siembra.

La siembra de semillas en cajas de propagación para las unidades experimentales, se realizó el 29 de marzo del 2013; las cajas se apilaron en grupos de 4 cajas y se cubrieron con una bolsa de polietileno para conservar la humedad; tres días después de este procedimiento, las plántulas comenzaron a emerger y las cajas se separaron para permitir el crecimiento de las plántulas. El porcentaje de germinación se registró 15 días después de la siembra. Las plantas al obtener una altura de 15 cm en promedio (Figura 4), se trasplantaron a la unidad experimental correspondiente el 22 de abril del 2013.



Figura 4. Producción de plántula de *M. oleifera* en cajas de propagación.

### **3.6. Pruebas de Trasplante**

La falta de información del cultivo de *M. oleifera* con enfoque a producción de forraje en el estado de Nuevo León, hace indispensable realizar investigaciones sobre el establecimiento del cultivo, con la finalidad de obtener las condiciones óptimas con experimentos controlados, por lo que se realizó una prueba de trasplante, consistiendo en colocar plántulas de *M. oleifera* de las variedades vaina corta y vaina larga, germinadas previamente en cajas de propagación, ubicándolas en el área designada al perímetro de protección del experimento, tomando en consideración tamaños de plantas entre 5 y 15 cm, medidos de la base superior de la caja a la parte apical de la planta. La mortalidad de las plántulas al trasplante se evaluó con el porcentaje de plantas que no sobrevivieron después de una semana del trasplante.

### **3.7. Medición del Desarrollo del Cultivo**

El cultivo de la moringa tiene diversos comportamientos asociados a distintos factores, entre los que se encuentran: el contenido de humedad en el suelo y temperatura ambiental (Reyes *et al.*, 2006; Abubakar *et al.*, 2011 y Mendieta *et al.*, 2013); por lo que en la presente investigación se consideró realizar lecturas por semana de altura de planta, diámetro de tallo y número de hojas (Figura 5), mientras que el número de tallos se contabilizó al final de cada período antes de cosechar. La velocidad de crecimiento se determinó utilizando la diferencia en la altura de planta medida por semana.

La altura de planta se evaluó cada semana utilizando una cinta de medir, tomando la lectura (cm) desde el nivel del suelo a la parte apical del brote más alto de la planta (brote principal).



Figura 5. Obtención de datos del cultivo de *M. oleifera* para producción de forraje.

El diámetro del tallo se evaluó cada semana utilizando un vernier, tomando la lectura (mm) a 15 cm sobre el nivel del suelo en el primer período de crecimiento del cultivo; en los siguientes períodos la lectura se tomó un cm más arriba de la base del brote principal.

El número de hojas se evaluó cada semana, considerando como una hoja desde que ésta obtuviera una longitud mayor a 5 cm.

Las correlaciones entre altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas y número de tallos se calcularon descartando los períodos de crecimiento atípico (período intermedio entre los años 2013 y 2014 para APC1 y el tercer período en el año 2013 para APC2) debido a las bajas temperaturas que cambiaron el desarrollo promedio del cultivo de *M. oleifera* para forraje (Figuras 9 y 10), evaluado durante dos años consecutivos (2013 y 2014).

### **3.8. Iluminación en el Cultivo de *M. oleifera* para Forraje**

La iluminación (klx) en el cultivo de *M. oleifera* para forraje se registró utilizando un luxómetro (HI 97500), cuando el cultivo tenía una altura promedio de 100.0 cm, realizando la obtención de datos a mediodía (Figura 6), considerando 4 alturas sobre el nivel del suelo (20.0, 40.0, 60.0 y 80.0 cm), en las que se evaluaron dos niveles de fertilización nitrogenada (0 y 400 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), dos variedades de *M. oleifera* (vaina corta (24 cm) y vaina larga (45 cm)) y dos densidades de población (11 y 33 plantas m<sup>-2</sup>), donde el efecto de la interacción de dos factores se confundió con el efecto principal del tercer factor, para construir un arreglo factorial Taguchi 2<sup>3</sup> (Peace, 1993). El experimento se estableció bajo un diseño experimental de bloques al azar con 3 repeticiones, con una unidad experimental de 3.00 x 2.75 m, en cada altura a

evaluar se registraron 3 lecturas en cada unidad experimental, descartando en cada unidad experimental un perímetro de 30 cm para evitar el efecto de borde.

La diferencia de medias entre las alturas de lecturas de iluminación, así como entre los niveles de los factores (fertilización, variedad de *M. oleifera* y densidad de población) se determinaron por medio de análisis de varianza (ANVA,  $P < 0.05$ ), al obtener diferencia significativa entre las alturas de las lecturas, se utilizó la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ) para obtener los subconjuntos homogéneos, utilizando el paquete estadístico SPSS versión 20.0.



Figura 6. Iluminación en cultivo de *M. oleifera* para producción de forraje.

### 3.9. Cosecha de Forraje

En la cosecha de forraje de moringa, la producción de éste es afectada por la edad y/o altura de planta al momento de cosechar (Reyes *et al.*, 2006 y Bamishaiye *et al.* 2011), por lo que en el presente experimento, se consideraron dos alturas de planta al momento del corte (140 y 180 cm) independientemente de la fecha, realizando el corte a 15 cm sobre el nivel del suelo (Figura 7). El peso fresco de cada unidad experimental se consideró quitando un marco perimetral de 30 cm, en el que las plantas ubicadas en esa zona, no se tomaron en cuenta para ninguna medición, por el efecto de orilla. El resto del área de cada unidad experimental, se cosechó y se registró el peso fresco de las plantas completas (tallos con hojas). Este peso se agregó al de las cuatro plantas cosechadas previamente para los análisis correspondientes de laboratorio, obteniendo así el peso de forraje fresco por unidad experimental.



Figura 7. Cosecha de forraje de *M. oleifera*.

La cantidad de plantas que no sobrevivieron después de cada cosecha, se registró 15 días después del rebrote posterior a cada cosecha, denominándola como la mortalidad de plantas y expresándola en porcentaje (%).

### **3.10. Procesos para Análisis de Laboratorio**

Previo a la cosecha de la unidad experimental, se seleccionaron 4 plantas para tomar la muestra con la finalidad de realizar análisis de laboratorio; estas plantas se deshojaron y el tallo fue cortado hasta obtener partículas de 1 a 2 cm, registrando el peso fresco de cada planta, posteriormente se defoliaron las hojas, agregando el raquis de la hoja con los tallos. Posteriormente se secaron las muestras (plantas) en una estufa de aire forzado a 65 °C hasta obtener peso constante, registrando por separado el peso seco de los folíolos, así como de los tallos con el raquis. Dos de las cuatro plantas cosechadas se volvieron a mezclar a la hora de moler las muestras, para obtener una sola muestra de forraje mixto (tallos y hojas), mientras que las otras dos plantas se mantuvieron por separado (aún después de molidas) los folíolos, del tallo con el raquis, para realizar los análisis correspondientes descritos en el capítulo “Determinaciones en Laboratorio”.

### 3.11. Determinaciones en Laboratorio

El peso seco se obtuvo de las plantas colectadas para el análisis de laboratorio, determinando el contenido de materia seca total en una estufa a 105 °C (AOAC, 1990). El contenido de cenizas se determinó con las muestras utilizadas para obtener el peso seco, siguiendo la metodología de AOAC (1990); la relación tallo:hoja se determinó dividiendo el peso seco de los tallos entre el peso seco de las hojas de las plantas; la proteína cruda se determinó con el procedimiento de micro-Kjeldahl, según AOAC (1990); el contenido de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina, se determinaron por el método de Van Soest *et al.* (1991); el contenido de proteína cruda en fibra detergente neutro (PC FDN), fibra detergente ácido (PC FDA) y lignina (PC lignina), se determinó utilizando el método de Van Soest *et al.* (1991) y el procedimiento de micro-Kjeldahl, según AOAC (1990), formando el término de proteína cruda al multiplicar el nitrógeno obtenido por 6.25, según Marais y Evenwell (1983).

En hojas y tallos se determinó el contenido de proteína cruda (PC) con el procedimiento de micro-Kjeldahl, según AOAC (1990), el contenido de nitrógeno no proteico (NNP) se determinó utilizando el procedimiento de Marais y Evenwell (1983) y según Licitra *et al.* (1996); el contenido de proteína verdadera (PV) se determinó utilizando el procedimiento de Marais y Evenwell (1983); los elementos en hojas y tallos de *M. oleifera* se determinaron en una muestra compuesta de plantas con una altura de 1.5 m en promedio, analizando el contenido de nitrógeno por medio del método de Kjeldahl, el fósforo por medio de Vanadato-Molibdato Amarillo con espectrofotometría,

el potasio y el sodio por medio de digestión húmeda y con espectrofotometría de absorción atómica, el calcio, magnesio, hierro, zinc, manganeso y cobre por digestión en microondas y con espectrofotometría de absorción atómica, el azufre por medio de digestión en microondas y por turbidimetría, el boro por medio de calcinación y por espectrofotometría.

Los análisis del suelo se determinaron con metodologías referenciadas a NOM-021-SEMARNAT-2000, en las que se determinó la textura por el método de Bouyoucus, la densidad aparente por el método de la probeta modificado, la conductividad hidráulica por el método de correlación, el pH y la CE por el método de relación 1:2 (suelo:agua) por potenciometría y por conductivimetría, respectivamente, carbonatos por medio de la neutralización ácida, el fósforo por el método de Olsen, las bases intercambiables (Ca, Mg, Na y K) por el método de acetato de amonio, los micronutrientes (Cu, Mn, Fe y Zn) por el método de DTPA pH 7, el Boro por el método de agua caliente y azometina H, la materia orgánica por el método de Walkley y Black y el azufre por el método turbidimétrico.

En los análisis del agua el pH y la CE se determinaron por medio de potenciometría y conductivimetría, respectivamente, el Ca, Mg y Na se determinaron por medio de espectrofotometría de absorción atómica, el Cl se determinó por titulación argentométrica, la relación de adsorción de sodio (RAS) se obtuvo por medio de cálculo utilizando el sodio, calcio y magnesio, los carbonatos y bicarbonatos se obtuvieron por titulación, la determinación de sulfatos se realizó por método gravimétrico, el carbonato

sódico residual se obtuvo por medio de cálculo entre carbonatos, calcio y magnesio, el porcentaje de sodio posible se obtuvo por medio de cálculo entre la salinidad efectiva y el sodio, la salinidad efectiva se determinó por medio de cálculo utilizando la suma de cationes, además el calcio y el magnesio, la salinidad potencial se determinó por medio de cálculo entre cloruros y sulfatos.

### **3.12. Tipos y Tiempos de Almacenamiento de Biomasa de *M. oleifera***

El experimento se estableció bajo un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones, utilizando un arreglo factorial 3 x 2, donde los tratamientos estuvieron formados por la combinación de los factores que consistieron de tres tipos de almacenamiento (seco, ensilado solo y ensilado con 10 % de melaza en peso fresco) y dos tiempos de almacenamiento (84 y 168 días), con una unidad experimental de tres plantas.

Los tratamientos se asignaron de la siguiente forma:

T1 = A1t1	T4 = A2t2
T2 = A1t2	T5 = A3t1
T3 = A2t1	T6 = A3t2

Dónde: T = tratamiento; A1 = almacenamiento seco; A2 = almacenamiento ensilado sin melaza; A3 = almacenamiento ensilado con 10 % de melaza en peso fresco; t1 = 84 días de almacenamiento; t2 = 168 días de almacenamiento.

El material vegetal utilizado para los análisis de laboratorio fue obtenido en la cuarta cosecha del cultivo (período de otoño-invierno) en el año 2014. En cada unidad experimental se seleccionaron tres plantas completas, las cuales fueron trituradas utilizando una licuadora y posteriormente se asignaron a los tratamientos respectivos.

La biomasa obtenida después de los 84 y 168 días evaluados, según los tratamientos, se sometió a un proceso de secado en una estufa de aire forzado a 60 °C hasta obtener peso constante, posteriormente se molió hasta obtener un tamaño de partícula de 0.1 cm, el contenido de PC (micro-Kjeldahl) y Cenizas, se determinaron según AOAC (1990); el contenido de FDN, FDA y Lignina se determinaron según Van Soest *et al.* (1991).

La diferencia de medias entre los tratamientos se determinó por medio de análisis de varianza (ANVA,  $P < 0.05$ ), al obtener diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en el tipo de almacenamiento, se utilizó la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para obtener las diferencias en los subconjuntos, utilizando el paquete estadístico SPSS versión 20.0.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Germinación de Semillas de *M. oleifera*

En la primera prueba de germinación se obtuvo 68 y 90 % de germinación en las variedades corta y larga, respectivamente. Abubakar *et al.* (2011), encontraron variaciones anatómicas y morfológicas en plantas de *M. oleifera* y mencionaron que este cultivo puede presentar variaciones por factores como la velocidad del viento y el contenido de humedad en el suelo, adaptándose esta especie a las condiciones locales de cada región, por lo que sugieren realizar investigaciones en cada localidad para obtener la mayor información sobre este cultivo con enfoque a los distintos parámetros de interés, que en este caso fue el porcentaje de germinación, en el que la variedad de vaina larga fue la más deseable debido al mayor porcentaje de germinación obtenido.

En la segunda prueba de germinación, la variedad de vaina larga obtuvo un comportamiento similar al de la primera prueba de germinación, registrando mayor porcentaje de germinación comparado con la variedad de vaina corta (Figura 8); sin embargo, en el segundo experimento se registró además mayor porcentaje de germinación en la variedad de vaina larga con 96 % en las semillas sin remojo previo, así como en las semillas con un período de 12 horas de remojo, disminuyendo el porcentaje de germinación en el período de 24 horas de remojo, obteniendo 57 y 67 % de germinación en las semillas con y sin alas, respectivamente; la variedad de vaina corta y sin remojo previo, registró la mayor germinación en las semillas sin alas, con 72

%; sin embargo, en el período de 12 y 24 horas de remojo, la mayor germinación se obtuvo en las semillas con alas, obteniendo 80 y 36 % de germinación, respectivamente (Figura 8).

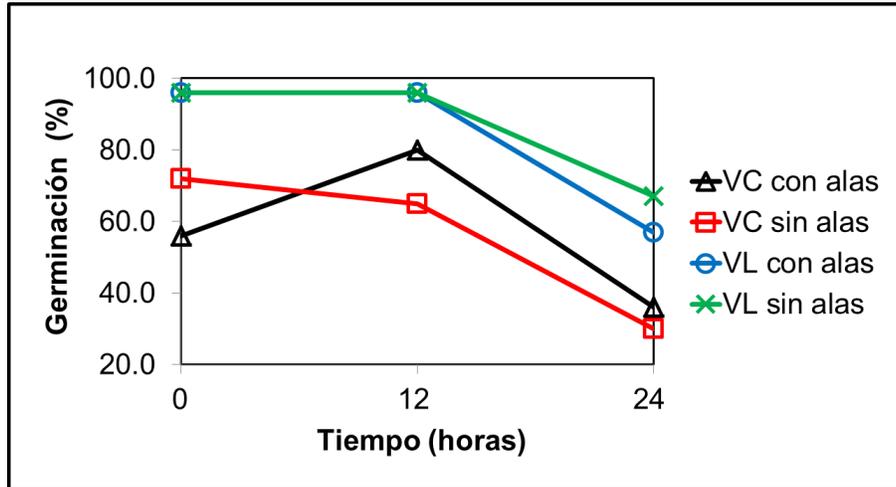


Figura 8. Germinación de dos variedades de *M. oleifera* (vaina corta (VC) y vaina larga (VL)) con y sin alas en diversos tiempos de remojo.

Debido a los resultados encontrados en las dos pruebas de germinación anteriores, se decidió que las semillas destinadas a los tratamientos se germinaran con alas y sin remojo previo, registrando una germinación de 85 y 96 % en las variedades de vaina corta y larga, respectivamente.

#### 4.2. Trasplante de *M. oleifera*

Las plantas que resistieron mejor el trasplante fueron las plantas con una altura promedio de 15 cm, ya que registraron 0 % de mortalidad en el período de adaptación

al trasplante (una semana posterior al trasplante); sin embargo, las plantas trasplantadas con una altura promedio menor a 15 cm, registraron 14 % de mortalidad en el período de adaptación. La mayor mortalidad en plantas más pequeñas coincide con lo registrado con Volenec *et al.* (1996), quienes reportaron que plantas con mayor diámetro de tallo tienen mayor contenido de nutrientes en los tallos así como en las raíces, proveyendo una mayor posibilidad de sobrevivir.

### **4.3. Medición del Desarrollo del Cultivo de *M. oleifera* para Forraje**

#### **4.3.1. Altura de planta**

El cultivo de *M. oleifera* registró un crecimiento muy variable entre períodos, obteniendo un crecimiento más rápido en los períodos con la temperatura ambiental mayor (Figura 9), coincidiendo esto con lo reportado por Ferreira *et al.* (2015) y Paliwal *et al.* (2011), quienes mencionan que el crecimiento de la moringa disminuye a temperaturas menores de 20 °C; sin embargo, Patel *et al.* (2014), mencionan que el desarrollo de la planta de *M. oleifera* está más relacionado con la humedad disponible para la planta y en menor grado con la temperatura ambiental. Ramírez (2007), menciona que los forrajes se ven afectados directamente por la temperatura, regulando su crecimiento.

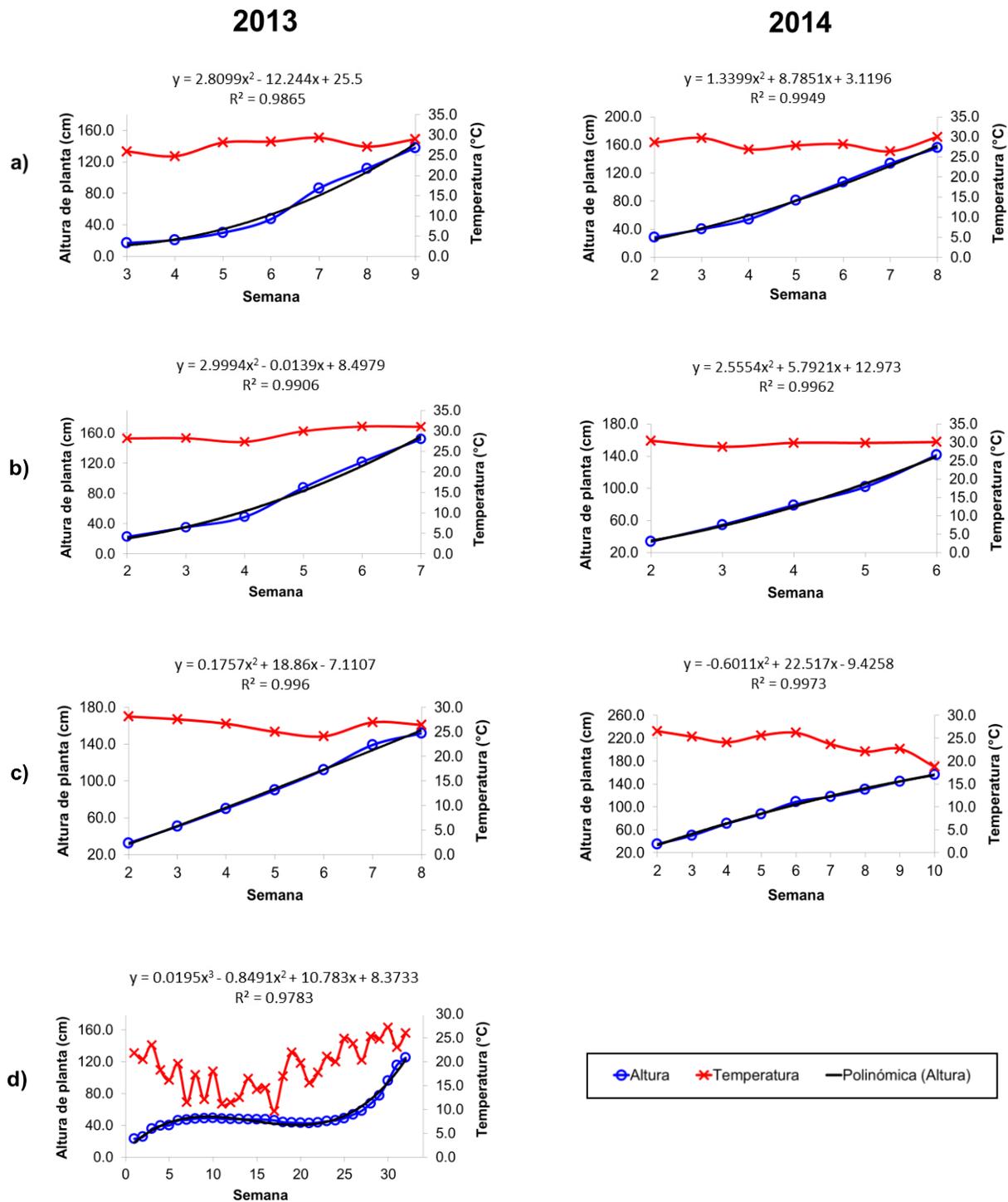


Figura 9. Altura de planta (cm) y temperatura ambiental media (°C) en altura de planta al corte promedio de 145.7 cm (APC1), evaluadas por semana durante los años 2013 y 2014. a) Primer período, en el año 2013, consistió del 22 de abril al 23 de junio (62 días con 27.5 °C promedio), en el año 2014, consistió del 25 de mayo al 20 de julio (56 días con 28.2 °C promedio); b) Segundo período, en el año 2013, consistió del 23 de junio al 11 de agosto (49 días con 29.3 °C promedio), en el año 2014, consistió del 20 de julio al 31 de agosto (42 días con 29.8 °C promedio); c) Tercer período, en el año 2013, consistió del 11 de agosto al 06 de octubre (56 días con 26.4 °C promedio), en el año 2014, consistió del 31 de agosto al 09 de noviembre (70 días con 23.9 °C promedio); d) Período intermedio entre los años 2013 y 2014, consistió del 06 de octubre de 2013 al 25 de mayo de 2014 (231 días con 18.6 °C promedio).

Los niveles de fertilización, registraron diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en la altura de planta solamente durante el primer período del año 2013 en las alturas de planta al corte de 145.7 y 178.4 cm (APC1 y APC2, respectivamente). En los tratamientos destinados para APC1, la mayor ( $P < 0.05$ ) altura de planta la obtuvieron las plantas sin fertilizar, solo durante la semana 5 (Apéndice A 1); en los tratamientos destinados a APC2, obtuvieron mayor altura de planta ( $P < 0.05$ ) las plantas que no se fertilizaron, solo durante las semanas 7, 9 y 10 (Apéndice A 8). La mayor altura de planta en los tratamientos sin fertilización está asociada a un mayor diámetro de tallo (Apéndice A 21), coincidiendo con lo mencionado por Volenec *et al.* (1996), quienes reportaron que las plantas utilizan los tallos como reserva de nutrientes, ayudando esta reserva para obtener una mayor altura de planta; sin embargo, en los tratamientos que se fertilizó, se observó un mayor número de hojas (Apéndice A 37), coincidiendo en este aspecto con Zhao *et al.* (2005), quienes obtuvieron un comportamiento similar en hojas de sorghum cultivar DK 44C, en el que la deficiencia de N se reflejó con un menor contenido de clorofila y una menor fotosíntesis, mostrando además una menor capacidad de crecimiento y producción de biomasa. Mendieta *et al.* (2013), registraron mayor altura de planta a mayor cantidad de fertilización nitrogenada aplicada en el cultivo de moringa. La diferencia entre la presente investigación comparada con la de Mendieta *et al.* (2013), puede estar asociada la fuente de fertilización, ya que Mendieta *et al.* (2013), utilizaron urea como fuente de nitrógeno, mientras que en la presente investigación se utilizó sulfato de amonio, coincidiendo con lo reportado por Atanasova (2008), que obtuvo diferencia significativa en el contenido de nitrógeno no proteico en hojas de *Brassica oleracea* var. capitata, al utilizar niveles de fertilización con nitrato de amonio y

nitrate de calcio, a razón de 250, 500, 750 y 1000 mg kg<sup>-1</sup> de suelo, obteniendo 7.2, 8.2, 11.4 y 12.8 g kg<sup>-1</sup>, así como 4.6, 8.6, 5.8 y 18.4 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente; sin embargo, en otras investigaciones se han reportado efectos nulos de la fertilización nitrogenada, tal como lo reportado por Welch *et al.* (1973), quienes no obtuvieron efecto de la fertilización nitrogenada en cultivo de soya, por lo que no representa un factor limitante en el crecimiento de ese cultivo en Illinois. Eriksen y Whitney (1981), mencionan que los pastos tienden a crecer más cuando hay disminución en la intensidad de la luz y fertilización nitrogenada.

Las variedades de *M. oleifera* registraron diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en la altura de planta medida por semana en los primeros dos períodos del año 2013 (APC1 y APC2). En el primer período y APC1, el mayor ( $P < 0.05$ ) crecimiento lo obtuvo la variedad de vaina larga en las semanas 4 y 5 (Apéndice A 1); en APC2 solo se registró diferencia ( $P < 0.05$ ) en la semana 12, obteniendo una altura de planta mayor la variedad de vaina larga (Apéndice A 8). En el segundo período del 2013 y APC1, la variedad de vaina corta, registró mayor ( $P < 0.05$ ) altura de planta solo en la semana 2 (Apéndice A 2); en APC2 se registró diferencia ( $P < 0.05$ ) en las semanas 2, 3, 4 y 5, obteniendo la mayor altura de planta la variedad de vaina larga (Apéndice A 9).

La variedad de moringa registró diferencia en la altura de planta durante el 2014 en APC1 y APC2. En APC1, la variedad de vaina larga registró mayor altura de planta ( $P < 0.05$ ) solo en los períodos 2 y 3; en el segundo período registró mayor altura de planta solo en las semanas 2, 3 y 4 (Apéndice A 6), en el tercer período se registró mayor

altura de planta solo en las semanas 2 y 3 (Apéndice A 7). En APC2, la altura de planta registró diferencia significativa entre variedades, solo en el primer y tercer período; en el primer período registró mayor ( $P < 0.05$ ) altura de planta la variedad de vaina larga en las semanas 6, 7, 8 y 9; sin embargo, en la semana 14, la variedad de vaina corta registró mayor ( $P < 0.05$ ) altura de planta (Apéndice A 11); en el tercer período, la variedad de vaina larga registró mayor ( $P < 0.05$ ) altura de planta solo en la semana 4 (Apéndice A 13). Abubakar *et al.* (2011), encontraron que las hojas de *M. oleífera* presentaron variaciones anatómicas y morfológicas en plantas de la misma región (al Norte de Nigeria), recomendando que se pueden seleccionar las plantas con las características más deseables para cada región y así obtener el óptimo aprovechamiento del cultivo.

La densidad de población registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en la altura de planta, durante todos los períodos evaluados en el 2013 y 2014. En el primer período del 2013 y APC1, se registró mayor altura de planta en la densidad de 33 plantas  $m^{-2}$ , durante las semanas 3, 4, 5, 6 y 7; sin embargo, en la semana 9, la densidad de 11 plantas  $m^{-2}$  obtuvo mayor ( $P < 0.05$ ) altura de planta (Apéndice A 1). En APC2, se registró la misma tendencia de mayor ( $P < 0.05$ ) crecimiento en la densidad de 33 plantas  $m^{-2}$ , de la semana 3 a la 6, pero de la semana 8 a la 12, el mayor ( $P < 0.05$ ) crecimiento lo registró la densidad de 11 plantas  $m^{-2}$  (Apéndice A8). En el resto de los períodos, en APC1 y APC2, la diferencia registrada con mayor altura de planta la obtuvo la densidad de 11 plantas  $m^{-2}$ . Goss (2012), registró que a mayor densidad de población, obtuvo tallos más largos; sin embargo, en la presente investigación se

obtuvo esa característica de crecimiento, solo en el primer año de evaluación del cultivo (2013), en el primer período y cuando la altura de planta estuvo entre 16.2 y 90.3 cm, ya que con una altura mayor se registró menor iluminación en la parte inferior de la planta (ver capítulo: Iluminación en el Cultivo de *M. oleifera* para Forraje), provocando una menor fotosíntesis (Nobel *et al.*, 1975) y posterior a ello, se registró un crecimiento menor de la planta.

El crecimiento del cultivo en el primer período durante el año 2013 y APC1 (Figura 9), muestra un crecimiento inicial lento en las primeras 6 semanas del establecimiento del cultivo, registrando 16.9, 20.8, 30.0 y 47.3 cm en las semanas 3, 4, 5 y 6, respectivamente; sin embargo, entre la semana 6 y 7, aumentó 39.1 cm, continuando con un crecimiento similar en las semanas 8 y 9 (25.2 y 26.4 cm, respectivamente). La línea de tendencia de crecimiento utilizada fue una polinómica de orden dos, obteniendo un  $R^2$  de 0.9865. El crecimiento inicial lento durante las primeras 6 semanas fue ocasionado por el trasplante, así como por el desarrollo radicular a la par del desarrollo de la parte superficial de la planta. Este comportamiento es similar al de otros cultivos, los cuales conforme van creciendo, incrementan su velocidad de crecimiento (Piccinni *et al.*, 2009 y Mondo *et al.*, 2013).

En el primer período de crecimiento del cultivo en el año 2013 y APC2 (Figura 10), se obtuvo un crecimiento similar al de APC1 (hasta la semana 8) en el mismo año y período; sin embargo, en APC2, la altura de planta de la semana 9 a la semana 12,

registró un crecimiento promedio de 16.0 cm por semana, cuando las plantas tenían una altura respectiva entre 134.3 y 179.9 cm.

En el segundo período de crecimiento del cultivo en el año 2013 y APC1, se mostró similar (lento) al primer período del mismo año durante los primeros 48.8 cm (semana 4), donde después de esa altura de planta, incrementa a 87.8 cm en la siguiente semana (5), disminuyendo el crecimiento en las semanas 6 y 7, en la que las plantas obtuvieron una altura de 121.7 y 151.7 cm, respectivamente (Figura 9).

En el segundo período de crecimiento del cultivo en el año 2013 y APC2, el mayor crecimiento por semana (40.5 cm) se registró entre las semanas 3 y 4, cuando la planta tenía una altura de 65.4 y 106.0 cm, respectivamente y una temperatura ambiental respectiva de 31.1 y 31.0 °C (fue el mayor crecimiento por semana registrado durante los dos años evaluados en APC1 y APC2); en las semanas 5 a 9, el crecimiento fue menor (de 26.9 a 9.4 cm, respectivamente), ocasionado por una disminución gradual en la temperatura ambiental de 29.2 a 25.0 °C (Figura 10), tal como lo menciona Ramírez (2007), que los cultivos son afectados directamente por la temperatura, regulando su crecimiento.

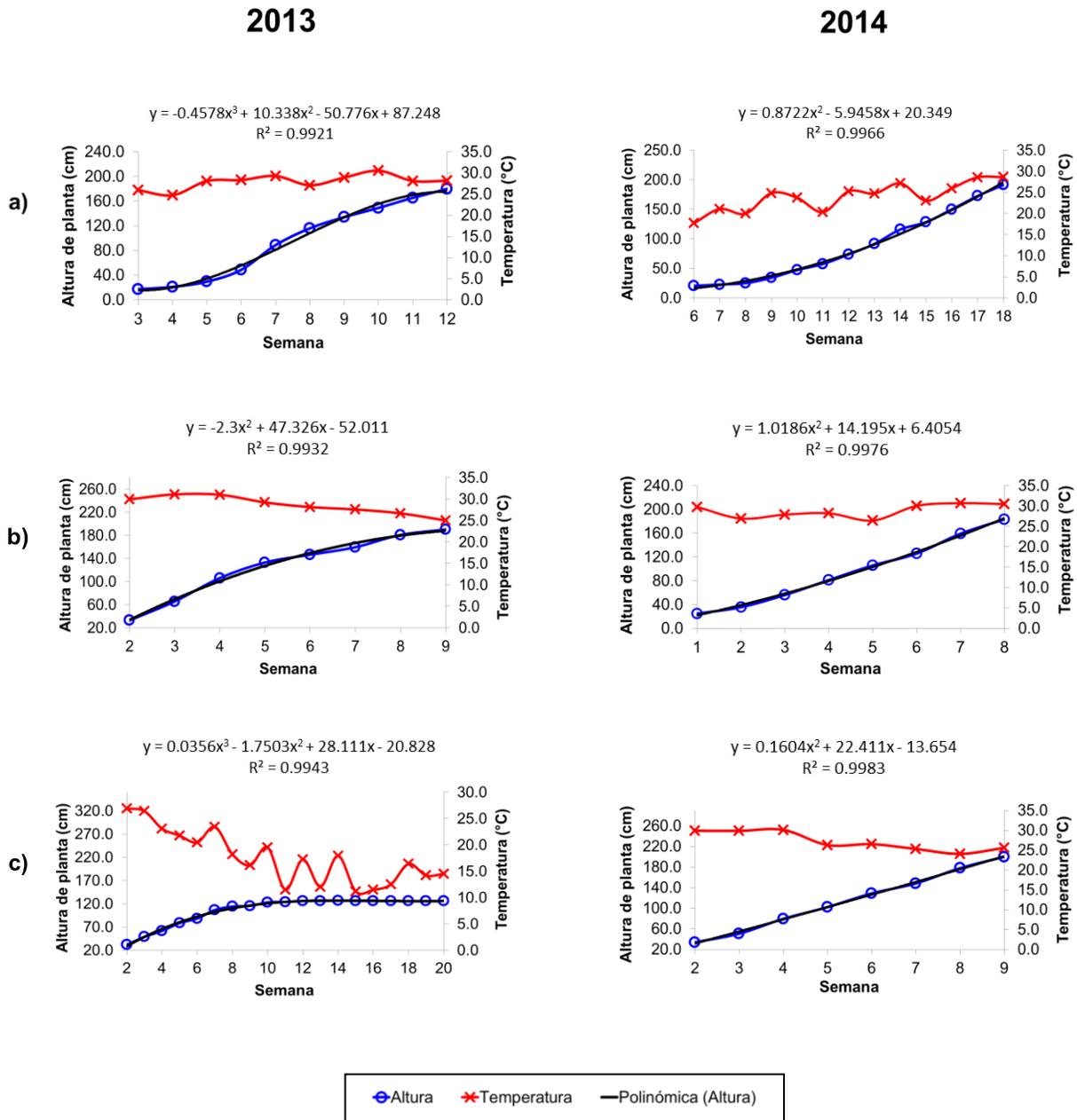


Figura 10. Altura de planta (cm) y temperatura ambiental media (°C) en altura de planta al corte promedio de 178.4 cm (APC2), evaluadas por semana durante los años 2013 y 2014. a) Primer período, en el año 2013, consistió del 22 de abril al 14 de julio (83 días con 27.9 °C promedio), en el año 2014, consistió del 02 de febrero al 08 de junio (126 días con 22.6 °C promedio); b) Segundo período, en el año 2013, consistió del 14 de julio al 15 de septiembre (63 días con 28.6 °C promedio), en el año 2014, el período consistió del 08 de junio al 03 de agosto (56 días con 28.8 °C promedio); c) Tercer período, en el año 2013, consistió del 15 de septiembre del año 2013 al 02 de febrero del 2014 (140 días con 17.6 °C promedio), en el año 2014, consistió del 03 de agosto al 05 de octubre (63 días con 27.2 °C promedio).

En el tercer período del año 2013 y APC2, el cultivo registró entre las semanas 2 y 10 una altura respectiva de planta de 31.9 a 123.2 cm; sin embargo, de la semana 11 a la 20, las alturas de planta solo se registraron de 124.0 a 126.2 cm, respectivamente, estando asociado el crecimiento limitado del cultivo (de las semanas 11 a 20) con temperaturas inferiores a 20 °C (Figura 10), tal como lo mencionan Paliwal *et al.* (2011) y Ferreira *et al.* (2015), que el cultivo de *M. oleifera* disminuye su crecimiento con temperaturas inferiores a 20 °C.

En el período intermedio entre los años 2013 y 2014 en APC1 (Figura 9), el incremento en la altura de planta se registró muy marcado por la temperatura media ambiental, donde el crecimiento hasta 39.9 cm de altura (en la semana 6) fue similar al del primer período del 2013 (APC1); sin embargo, desde la semana 7 hasta la 25, se mantuvo con una altura promedio de 46.2 cm, en tanto que de la semana 26 a 33, se registró un crecimiento gradual hasta obtener una altura de 124.9 cm, generando una línea de tendencia polinómica de orden tres con una  $R^2 = 0.9783$ . La pausa en el crecimiento entre las semanas 7 a 25 fue debida a el descenso en la temperatura ambiental (Figura 9), ya que en ese período se registraron temperaturas medias inferiores a 20 °C, tal como lo reportan Paliwal *et al.* (2011) y Ferreira *et al.* (2015), que temperaturas inferiores a 20 °C limitan el crecimiento del cultivo de *M. oleifera*.

En el primer período obtenido en el año 2014 y APC1, el crecimiento del cultivo registrado fue similar al del tercer período del 2013 y APC1, en altura (155.8 cm) y en días para obtenerla (56 días), este comportamiento es debido a una similitud en la

temperatura media ambiental registrada durante esos períodos, donde se obtuvieron 28.2 y 26.4 °C, respectivamente (Figura 9).

En el primer período del 2014 y APC2, se obtuvo el crecimiento inicial en la semana 6, registrando una altura de planta de 20.4 cm, con una temperatura media de 17.7 °C, en las semanas 7 a 18, la altura de planta aumentó de 22.6 a 191.1 cm, acompañada de un incremento en la temperatura de 21.1 a 28.6 °C, respectivamente (Figura 10). En este período la primer lectura de altura de planta se tomó hasta la semana 6 (posterior a la cosecha anterior) debido a que con las bajas temperaturas la planta tardó más tiempo en brotar (Figuras 10 y 11), tal como lo mencionan Paliwal *et al.* (2011) y Ferreira *et al.* (2015), que temperaturas inferiores a 20 °C limitan el crecimiento del cultivo de *M. oleífera*.

En el segundo período obtenido en el año 2014 y APC1, el crecimiento del cultivo obtuvo el tiempo más corto durante los dos años evaluados, registrando una altura de planta de 141.4 cm en 42 días después de la cosecha anterior, estando asociado con el hecho de que fue el período donde se registró mayor temperatura media ambiental (29.8 °C) (Figura 9), coincidiendo con lo reportado con Ramírez (2007), que los cultivos son afectados directamente por la temperatura, regulando su crecimiento.

En el segundo período obtenido en el año 2014 y APC2, el crecimiento del cultivo se registró desde la primer semana, obteniendo 24.5 cm, logrando el máximo crecimiento por semana (33.3 cm) entre las semanas 6 y 7, cuando la altura de planta fue de 125.7

y 159.0 cm, respectivamente, coincidiendo con la mayor temperatura registrada durante el período (30.7 °C) (Figura 10).

En el tercer período obtenido en el año 2014 y APC1, el crecimiento del cultivo registró un aumento gradual en la altura de planta promedio de 18.4 cm por semana, hasta la semana 6 (108.7 cm de altura de planta); sin embargo, posterior a esa altura, se observó una disminución en el crecimiento por semana, obteniendo solo 11.9 cm promedio, hasta llegar a 156.3 cm en la semana 10. La disminución en el crecimiento después de la semana 6, hasta la semana 10, se observa que está acompañada de una disminución gradual en la temperatura media ambiental de 26.2 a 18.7 °C, respectivamente (Figura 9), tal como lo reportan Paliwal *et al.* (2011) y Ferreira *et al.* (2015), que el crecimiento de *M. oleifera* es afectado por la temperatura ambiental.

En el tercer período del año 2014 y APC2, el cultivo registró un aumento uniforme en la altura de planta desde la semana 2 a la 9, cuando las plantas registraron alturas de 34.1 a 200.1 cm, respectivamente, a pesar de que la temperatura ambiental disminuyó de 29.9 a 25.6 °C respectivamente (Figura 10).

#### **4.3.2. Velocidad de crecimiento**

La velocidad de crecimiento del cultivo de *M. oleifera*, fue afectada por la temperatura ambiental y la altura de planta. La temperatura ambiental mínima y máxima en que se registró incremento en la velocidad de crecimiento fue de 14.0 y 21.9 °C, respectivamente, (Figura 11). Paliwal *et al.* (2011) y Ferreira *et al.* (2015),

mencionan que el crecimiento de la moringa disminuye a temperaturas menores de 20 °C; sin embargo, Patel *et al.* (2014), obtuvieron que el desarrollo de la planta de *M. oleifera* está más relacionado con la humedad disponible para la planta y en menor grado con la temperatura ambiental. Ramírez (2007) menciona que los forrajes se ven afectados directamente por la temperatura, regulando su crecimiento. En la presente investigación, la velocidad de crecimiento registró mayor variabilidad, conforme fue aumentando la temperatura ambiental mínima y máxima (Figura 11).

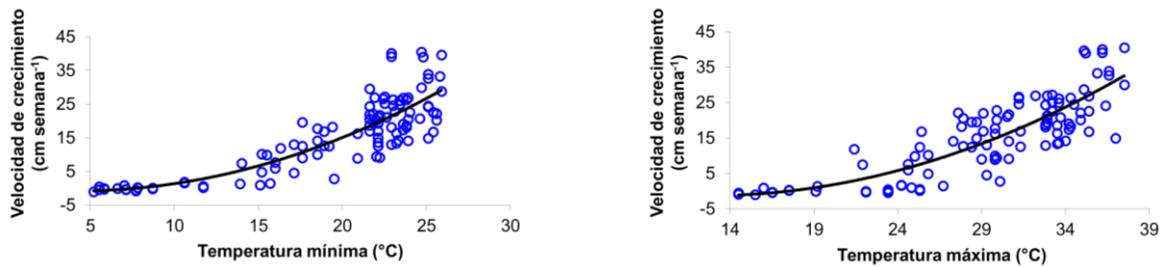


Figura 11. Velocidad de crecimiento del cultivo de *M. oleifera*, temperatura ambiental mínima y temperatura ambiental máxima.

La velocidad de crecimiento se explicó en función de la temperatura mínima, la altura de planta y el efecto cuadrático, encontrando que las tres variables tuvieron efecto significativo sobre la velocidad de crecimiento ( $P = 0.000$  para las tres variables), obteniendo la siguiente ecuación de regresión:

$$Y_i = -34.106 + 1.573X_1 + 0.396X_2 - 0.002X_2^2 \quad R^2 = 0.752$$

En donde  $Y_i$  es la velocidad de crecimiento,  $X_1$  es la temperatura mínima,  $X_2$  es la altura de planta.

Considerando la ecuación de regresión, se encontró que por cada grado centígrado que se incrementa la temperatura mínima, el crecimiento de la planta se incrementó en 1.573 cm; en cuanto a la altura de la planta, se encontró que a medida que se incrementó la altura de la planta (en el rango de 20.8 a 200.1 cm) se incrementó la velocidad de crecimiento; sin embargo, el efecto cuadrático fue significativo, lo que indica que después de cierta altura de planta, la velocidad de crecimiento tiende a disminuir, obteniendo la máxima velocidad de crecimiento calculada a una altura de 117.2 cm (Figura 12).

La velocidad de crecimiento también se explicó en función de la temperatura máxima, la altura y el efecto cuadrático (Figura 12), encontrando que las tres variables tuvieron efecto significativo sobre la velocidad de crecimiento ( $P = 0.000$  para las tres variables). La ecuación de regresión es la siguiente:

$$Y_i = -39.970 + 1.265X_1 + 0.399X_2 - 0.002X_2^2 \quad R^2 = 0.766$$

En donde  $Y_i$  es la velocidad de crecimiento,  $X_1$  es la temperatura máxima,  $X_2$  es la altura de planta.

De acuerdo a la ecuación de regresión, se obtuvo que por cada grado centígrado que se incrementó la temperatura máxima, el crecimiento se incrementó 1.265 cm; la altura de planta registró un efecto cuadrático significativo en la velocidad de crecimiento, obteniendo mayor velocidad de crecimiento a mayor altura de planta hasta llegar a 119.4 cm, después de esta altura de planta, la velocidad de crecimiento tiende a disminuir (Figura 12).

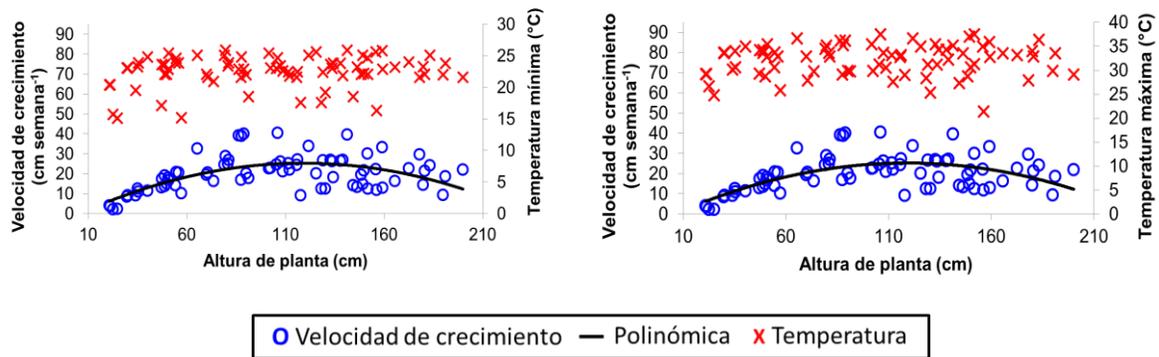


Figura 12. Velocidad de crecimiento del cultivo de *M. oleifera*, altura de planta, temperatura ambiental mínima y temperatura ambiental máxima.

### 4.3.3. Diámetro de tallo

El diámetro de tallo en el cultivo de *M. oleifera* se registró por semana en cada período de crecimiento durante dos años consecutivos (2013 y 2014), evaluando dos niveles de fertilización nitrogenada (0 y 400 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), dos variedades de *M. oleifera* (vaina corta y vaina larga), dos densidades de población (11 y 33 plantas m<sup>-2</sup>) y dos alturas de planta al corte (145.7 y 178.4 cm).

El diámetro de tallo por semana en la altura de planta al corte de 145.7 cm (APC1) durante el primer período de crecimiento en el año 2013 (del 22 de abril al 23 de junio), registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo entre densidades de población, obteniendo mayor diámetro la densidad de 33 plantas  $m^{-2}$  solo en la semana 3 de evaluación, con un diámetro de 3.0 mm; sin embargo, la densidad de población de 11 plantas  $m^{-2}$  registró mayor diámetro de tallo en las semanas 7, 8 y 9, con 12.6, 15.3 y 17.5 mm (Apéndice A 14); los niveles de fertilización y las variedades no registraron diferencia significativa, obteniendo un incremento gradual por semana con valores promedio de 2.9 a 15.1 mm en las semanas 3 a 9 (Figura 13). Goss (2012) y Gadzirayi *et al.* (2013), registraron que a mayor densidad de población obtuvo menor diámetro de tallo; sin embargo, en la presente investigación el mayor diámetro de tallo a mayor densidad de población en la semana 3 después del trasplante, estuvo asociado a las condiciones climáticas locales en las que la mayor densidad de población retuvo más tiempo la humedad superficial debido a una mayor cobertura del suelo (protección contra el sol “sombra” y protección contra el viento), reflejando las plantas un mayor diámetro de tallo al tener mayor disponibilidad de humedad superficial (a 5.0 cm de profundidad).

En el segundo período de crecimiento en el año 2013 y APC1 (del 23 de junio al 11 de agosto), el diámetro de tallo evaluado por semana, registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre niveles de fertilización, variedades y densidades de población; la fertilización con 400 kg de N  $ha^{-1}$   $año^{-1}$ , obtuvo diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo en las semanas 3 y 4, con un mayor diámetro de tallo (Apéndice A 15), coincidiendo con lo

reportado por Eriksen y Whitney (1981), quienes mencionan que los pastos obtienen mayor rendimiento al fertilizar siempre y cuando tengan la suficiente exposición a luz solar (ver capítulo: Iluminación en el Cultivo de *M. oleifera* para Forraje), ya que la iluminación está asociada a la capacidad de fotosíntesis (Nobel *et al.*, 1975). La variedad de vaina corta registró diferencia significativa solo en las semanas 2, 3, 4 y 5, con un mayor diámetro de tallo ( $P < 0.05$ ), coincidiendo con lo reportado por Abubakar *et al.* (2011), quienes registraron que el cultivo de *M. oleifera* obtuvo variaciones anatómicas y morfológicas en plantas de la misma región (al Norte de Nigeria), por lo que recomendaron que se pueden seleccionar las plantas con las características más deseables para cada región y así obtener el óptimo aprovechamiento del cultivo. La densidad de población de 11 plantas  $m^{-2}$ , registró mayor diámetro de tallo en todas las semanas evaluadas durante el período (Apéndice A 15). El mayor diámetro de tallo en la densidad de 11 plantas  $m^{-2}$  está asociado a que en esta densidad de población se obtuvieron plantas más altas (Apéndice A 2), registrando además en la presente investigación, correlación ( $P = 0.000$ ) entre altura de planta y diámetro de tallo (Figura 17), en la que a mayor altura de planta se obtuvo mayor diámetro de tallo, por lo que las plantas más altas en la menor densidad de población es debido a la mayor ( $P < 0.05$ ) iluminación (Apéndice A 44) (ver capítulo: Iluminación en el Cultivo de *M. oleifera* para Forraje) y al mayor número de hojas ( $P < 0.05$ ) (Apéndice A 31), las cuales proveen de nutrientes a la planta por medio de la fotosíntesis tal como lo mencionan Nobel *et al.* (1975), favoreciendo así un mayor crecimiento. El aumento en el diámetro de tallo en promedio de la semanas 2 a 7 registró un incremento lineal representado en la Figura 13 con un  $R^2$  de 0.9865.

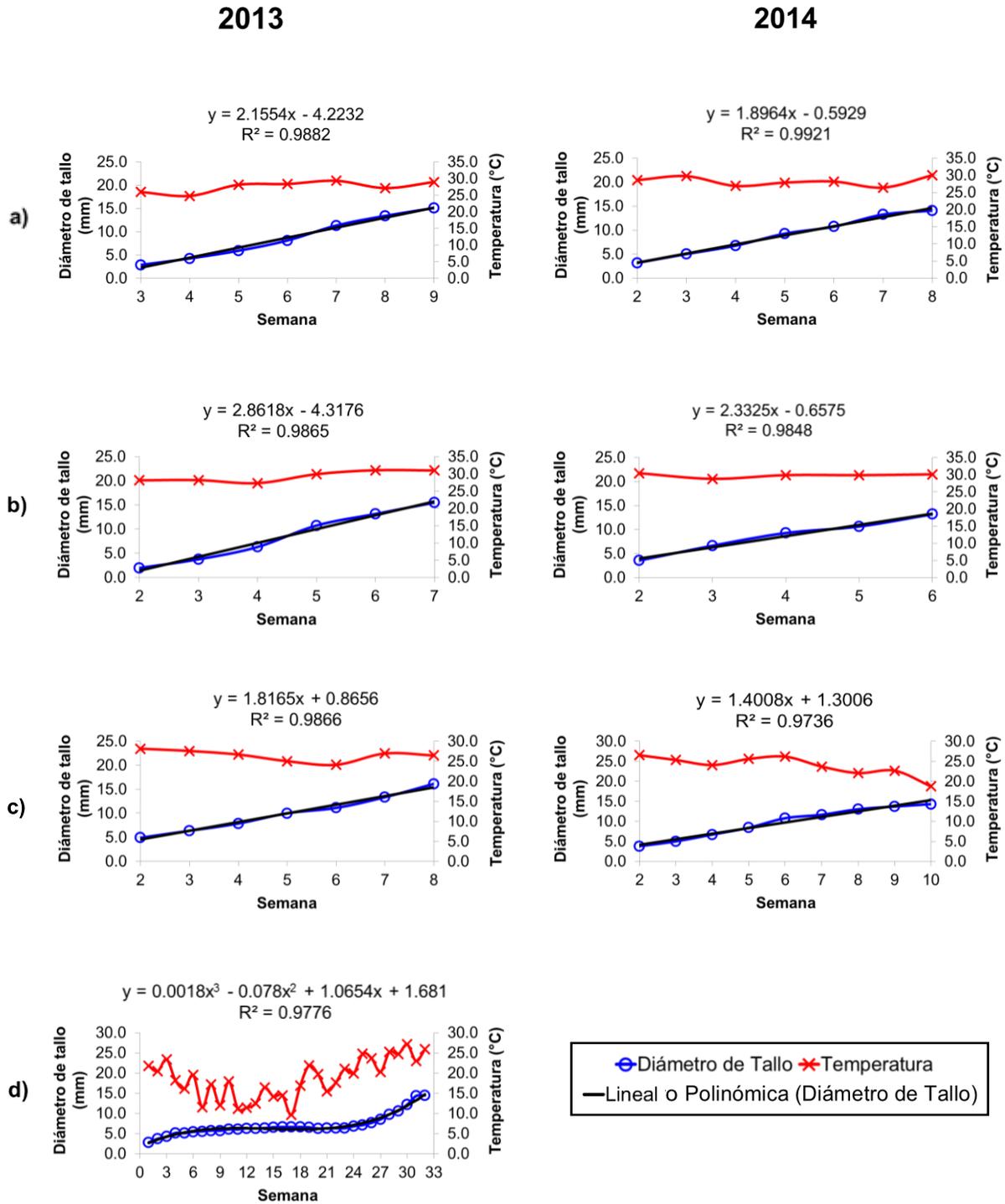


Figura 13. Diámetro de tallo y temperatura ambiental media (°C) en altura de planta al corte promedio de 145.7 cm (APC1), evaluadas por semana durante los años 2013 y 2014. a) Primer período, en el año 2013, consistió del 22 de abril al 23 de junio (62 días con 27.5 °C promedio), en el año 2014, consistió del 25 de mayo al 20 de julio (56 días con 28.2 °C promedio); b) Segundo período, en el año 2013, consistió del 23 de junio al 11 de agosto (49 días con 29.3 °C promedio), en el año 2014, consistió del 20 de julio al 31 de agosto (42 días con 29.8 °C promedio); c) Tercer período, en el año 2013, consistió del 11 de agosto al 06 de octubre (56 días con 26.4 °C promedio), en el año 2014, consistió del 31 de agosto al 09 de noviembre (70 días con 23.9 °C promedio); d) Período intermedio entre los años 2013 y 2014, consistió del 06 de octubre de 2013 al 25 de mayo de 2014 (231 días con 18.6 °C promedio).

El diámetro de tallo evaluado por semana en APC1 durante el tercer período de crecimiento en el año 2013 (del 11 de agosto al 06 de octubre), registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo entre variedades y densidades de población, en niveles de fertilización no registró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ), obteniendo en promedio de las semanas 2 a 8 un diámetro de tallo de 5.0 a 16.1 mm (Apéndice A 16), (Figura 13); la variedad de vaina corta registró mayor diámetro de tallo solo en las semanas 2, 3, 4 y 5 (Apéndice A 16). Abubakar *et al.* (2011), registraron que el cultivo de *M. oleifera* obtuvo variaciones anatómicas y morfológicas en plantas de la misma región (al Norte de Nigeria), por lo que recomendaron que se pueden seleccionar las plantas con las características más deseables para cada región y así obtener el óptimo aprovechamiento del cultivo, por lo que en la presente investigación se obtuvo además, correlación ( $P = 0.000$ ) entre el diámetro de tallo y el número de hojas, en la que a mayor diámetro de tallo registró mayor número de hojas (Figura 19), siendo así la variedad de vaina corta más deseable en este período. La densidad de población de 11 plantas  $m^{-2}$ , registró mayor diámetro de tallo en todas las semanas evaluadas (Apéndice A 16). El mayor diámetro de tallo en la densidad de 11 plantas  $m^{-2}$  está asociado a que en esta densidad de población se obtuvieron plantas más altas ( $P < 0.05$ ) (Apéndice A 3), registrando además en la presente investigación, correlación ( $P = 0.000$ ) entre altura de planta y diámetro de tallo (Figura 17), en la que a mayor altura de planta se obtuvo mayor diámetro de tallo, por lo que las plantas más altas en la menor densidad de población es debido a la mayor ( $P < 0.05$ ) iluminación (Apéndice A 44) (ver capítulo: Iluminación en el Cultivo de *M. oleifera* para Forraje) y al mayor número de hojas ( $P < 0.05$ ) (Apéndice A 32), las cuales proveen de nutrientes a la planta por

medio de la fotosíntesis tal como lo mencionan Nobel *et al.* (1975), favoreciendo así un mayor crecimiento.

El diámetro de tallo evaluado por semana en APC1 durante el período intermedio de crecimiento entre los años 2013 y 2014 (del 06 de octubre del año 2013 al 25 de mayo del año 2014), registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre niveles de fertilización, variedades y densidades de población; la fertilización con 400 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, obtuvo mayor diámetro de tallo en las semanas 6, 7, 8, 21, 22 y 23 (Apéndice A 17), este comportamiento está asociado a la altura de planta, debido a que al fertilizar, se obtuvo mayor altura de planta (Apéndice A 4) y la altura de planta registró correlación ( $P = 0.000$ ) con el diámetro de tallo (Figura 17), en la que a mayor altura de planta se obtuvo mayor diámetro de tallo, además de que al fertilizar se obtuvo mayor número de hojas (en las semanas 6, 8, 21, 22 y 23) (Apéndice A 33), coincidiendo con lo reportado por Zhao *et al.* (2005), quienes obtuvieron que en hojas de sorghum cultivar DK 44C, la deficiencia de N se reflejó con un menor contenido de clorofila y una menor fotosíntesis, mostrando una menor capacidad de crecimiento y producción de biomasa. En el presente experimento, la variedad de vaina corta registró mayor diámetro de tallo en las semanas 4, 5, 8 y 9 (Apéndice A 17). Abubakar *et al.* (2011), registraron que el cultivo de *M. oleifera* obtuvo variaciones anatómicas y morfológicas en plantas de la misma región (al Norte de Nigeria), por lo que recomendaron que se pueden seleccionar las plantas con las características más deseables para cada región y así obtener el óptimo aprovechamiento del cultivo, por lo que en la presente investigación se obtuvo además, correlación ( $P = 0.000$ ) entre el diámetro de tallo y el número de

hojas, en la que a mayor diámetro de tallo registró mayor número de hojas (Figura 19), siendo así la variedad de vaina corta más deseable en este período. La densidad de 11 plantas  $m^{-2}$  obtuvo mayor diámetro de tallo en las semanas 3 a 33 (Apéndice A 17). El mayor diámetro de tallo en la densidad de 11 plantas  $m^{-2}$  está asociado a que en esta densidad de población se obtuvieron plantas más altas ( $P < 0.05$ ) (Apéndice A 4), registrando además en la presente investigación, correlación ( $P = 0.000$ ) entre altura de planta y diámetro de tallo (Figura 17), en la que a mayor altura de planta se obtuvo mayor diámetro de tallo, por lo que las plantas más altas en la menor densidad de población es debido a la mayor ( $P < 0.05$ ) iluminación (Apéndice A 44) (ver capítulo: Iluminación en el Cultivo de *M. oleífera* para Forraje) y al mayor número de hojas (Apéndice A 33), las cuales proveen de nutrientes a la planta por medio de la fotosíntesis tal como lo mencionan Nobel *et al.* (1975), favoreciendo así un mayor crecimiento. El promedio del diámetro de tallo obtenido en las semanas 2 a 33, registró un comportamiento determinado con una polinómica de orden 3 con un  $R^2$  de 0.9776 (Figura 13), el cambio en el ritmo de incremento en el diámetro de tallo se debió al descenso en la temperatura ambiental. Ferreira *et al.* (2015), registró que el crecimiento de *M. oleífera* disminuye con temperatura ambiental inferior a 20 °C.

El diámetro de tallo evaluado por semana en APC1 durante el primer período de crecimiento en el año 2014 (del 25 de mayo al 20 de julio), registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo entre densidades de población, registrando un mayor diámetro de tallo en la densidad de 11 plantas  $m^{-2}$  solo en las semanas 5, 6, 7 y 8 (Apéndice A 18). El mayor diámetro de tallo en la densidad de 11 plantas  $m^{-2}$  está

asociado a que en esta densidad de población se obtuvieron plantas más altas (Apéndice A 5), registrando además en la presente investigación, correlación ( $P = 0.000$ ) entre altura de planta y diámetro de tallo (Figura 17), en la que a mayor altura de planta se obtuvo mayor diámetro de tallo, por lo que las plantas más altas en la menor densidad de población es debido a la mayor ( $P < 0.05$ ) iluminación (Apéndice A 44) (ver capítulo: Iluminación en el Cultivo de *M. oleifera* para Forraje) y al mayor número de hojas ( $P < 0.05$ ) (Apéndice A 34), las cuales proveen de nutrientes a la planta por medio de la fotosíntesis tal como lo mencionan Nobel *et al.* (1975), favoreciendo así un mayor crecimiento. Los niveles de fertilización y las variedades obtuvieron en promedio de las semanas 2 a 8 un aumento lineal en el diámetro de tallo de 3.2 a 14.1 mm (Apéndice A 18), (Figura 13).

El diámetro de tallo evaluado por semana en APC1 durante el segundo período de crecimiento en el año 2014 (del 20 de julio al 31 de agosto), registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo entre densidades de población, obteniendo mayor diámetro de tallo la densidad de 11 plantas  $m^{-2}$ , solo en las semanas 3 y 5 (Apéndice A 19). El mayor diámetro de tallo en la densidad de 11 plantas  $m^{-2}$  está asociado a que en esta densidad de población se obtuvieron plantas más altas (Apéndice A 6), registrando además en la presente investigación, correlación ( $P = 0.000$ ) entre altura de planta y diámetro de tallo (Figura 17), en la que a mayor altura de planta se obtuvo mayor diámetro de tallo, por lo que las plantas más altas en la menor densidad de población es debido a la mayor ( $P < 0.05$ ) iluminación (Apéndice A 44) (ver capítulo: Iluminación en el Cultivo de *M. oleifera* para Forraje) y al mayor número de hojas ( $P < 0.05$ )

(Apéndice A 35), las cuales proveen de nutrientes a la planta por medio de la fotosíntesis tal como lo mencionan Nobel *et al.* (1975), favoreciendo así un mayor crecimiento. Los niveles de fertilización y las variedades registraron en promedio de la semana 2 a 6 un diámetro de 3.6 a 13.2 mm (Apéndice A 19), obteniendo un incremento lineal en el diámetro de tallo (Figura 13).

El diámetro de tallo evaluado por semana en APC1 durante el tercer período de crecimiento en el año 2014 (del 31 de agosto al 09 de noviembre), registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo entre densidades de población, obteniendo mayor diámetro de tallo la densidad de 11 plantas  $m^{-2}$ , solo en las semanas 3 a 7 (Apéndice A 20). El mayor diámetro de tallo en la densidad de 11 plantas  $m^{-2}$  está asociado a que en esta densidad de población se obtuvieron plantas más altas ( $P < 0.05$ ) (Apéndice A 7), registrando además en la presente investigación, correlación ( $P = 0.000$ ) entre altura de planta y diámetro de tallo (Figura 17), en la que a mayor altura de planta se obtuvo mayor diámetro de tallo, por lo que las plantas más altas en la menor densidad de población es debido a la mayor ( $P < 0.05$ ) iluminación (Apéndice A 44) (ver capítulo: Iluminación en el Cultivo de *M. oleífera* para Forraje) y al mayor número de hojas ( $P < 0.05$ ) (Apéndice A 36), las cuales proveen de nutrientes a la planta por medio de la fotosíntesis tal como lo mencionan Nobel *et al.* (1975), favoreciendo así un mayor crecimiento. Los niveles de fertilización y las variedades registraron en promedio de las semana 2 a 10 un diámetro de tallo de 3.8 a 14.3 mm, mostrando un incremento lineal en el diámetro de tallo por semana (Apéndice A 20), (Figura 13).

El diámetro de tallo por semana en la altura de planta al corte de 178.4 cm (APC2) durante el primer período de crecimiento en el año 2013 (del 22 de abril al 14 de julio), registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo entre niveles de fertilización y densidades de población; la fertilización con 0.0 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, obtuvo mayor diámetro de tallo en las semanas 5, 6, 8, 9, 10, 11 y 12 (Apéndice A 21), este comportamiento está asociado a la altura de planta, debido a que los tratamientos sin fertilizar, registraron mayor altura de planta en las semanas respectivas (Apéndice A 8) y la altura de planta registró correlación ( $P = 0.000$ ) con el diámetro de tallo (Figura 17), en la que a mayor altura de planta se obtuvo mayor diámetro de tallo. Welch *et al.* (1973), reportaron que no obtuvieron efecto de la fertilización nitrogenada en cultivo de soya, por lo que no representó un factor limitante en el crecimiento de ese cultivo en Illinois; sin embargo, Eriksen y Whitney (1981), mencionan que los pastos tienden a crecer más cuando hay disminución en la intensidad de la luz y fertilización nitrogenada. La densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>, registró mayor diámetro de tallo ( $P < 0.05$ ) en las semanas 6 a 12 (Apéndice A 21). El mayor diámetro de tallo en la densidad de 11 plantas m<sup>-2</sup> está asociado a que en esta densidad de población se registró mayor ( $P < 0.05$ ) iluminación (Apéndice A 44) (ver capítulo: Iluminación en el Cultivo de *M. oleifera* para Forraje) y mayor número de hojas ( $P < 0.05$ ) (Apéndice A 34), las cuales proveen de nutrientes a la planta por medio de la fotosíntesis tal como lo mencionan Nobel *et al.* (1975), favoreciendo así un mayor crecimiento. Las variedades obtuvieron en las semanas 3 a 12, un promedio de 2.9 a 19.6 mm, mostrando un incremento lineal en el diámetro de tallo por semana (Apéndice A 21), (Figura 14).

El diámetro de tallo por semana en APC2 durante el segundo período de crecimiento en el año 2013 (del 22 de abril al 15 de septiembre), registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo entre densidades de población, obteniendo mayor diámetro la densidad de 11 plantas  $m^{-2}$  en las semanas 2 a 9 (Apéndice A 22), coincidiendo con lo reportado por Goss (2012), que al utilizar una mayor densidad de población, registró plantas con tallos más delgados, es decir que obtuvo un mayor desarrollo individual de planta al utilizar una menor densidad de población, utilizando densidades de 1 a 20 plantas  $m^{-2}$ ; en la presente investigación, el mayor diámetro de tallo en la densidad de 11 plantas  $m^{-2}$  está asociado además a que en esta densidad de población se obtuvieron plantas más altas ( $P < 0.05$ ) (Apéndice A 9), registrando además en la presente investigación, correlación ( $P = 0.000$ ) entre altura de planta y diámetro de tallo (Figura 17), en la que a mayor altura de planta se obtuvo mayor diámetro de tallo, por lo que las plantas más altas en la menor densidad de población es debido a la mayor ( $P < 0.05$ ) iluminación (Apéndice A 44) (ver capítulo: Iluminación en el Cultivo de *M. oleifera* para Forraje) y al mayor número de hojas ( $P < 0.05$ ) (Apéndice A 38), las cuales proveen de nutrientes a la planta por medio de la fotosíntesis tal como lo mencionan Nobel *et al.* (1975), favoreciendo así un mayor crecimiento. Los niveles de fertilización y las variedades registraron un diámetro promedio de la semana 2 a 9, con 5.5 y 18.8 mm, respectivamente (Apéndice A 22), mostrando un incremento lineal en el diámetro por semana (Figura 14).

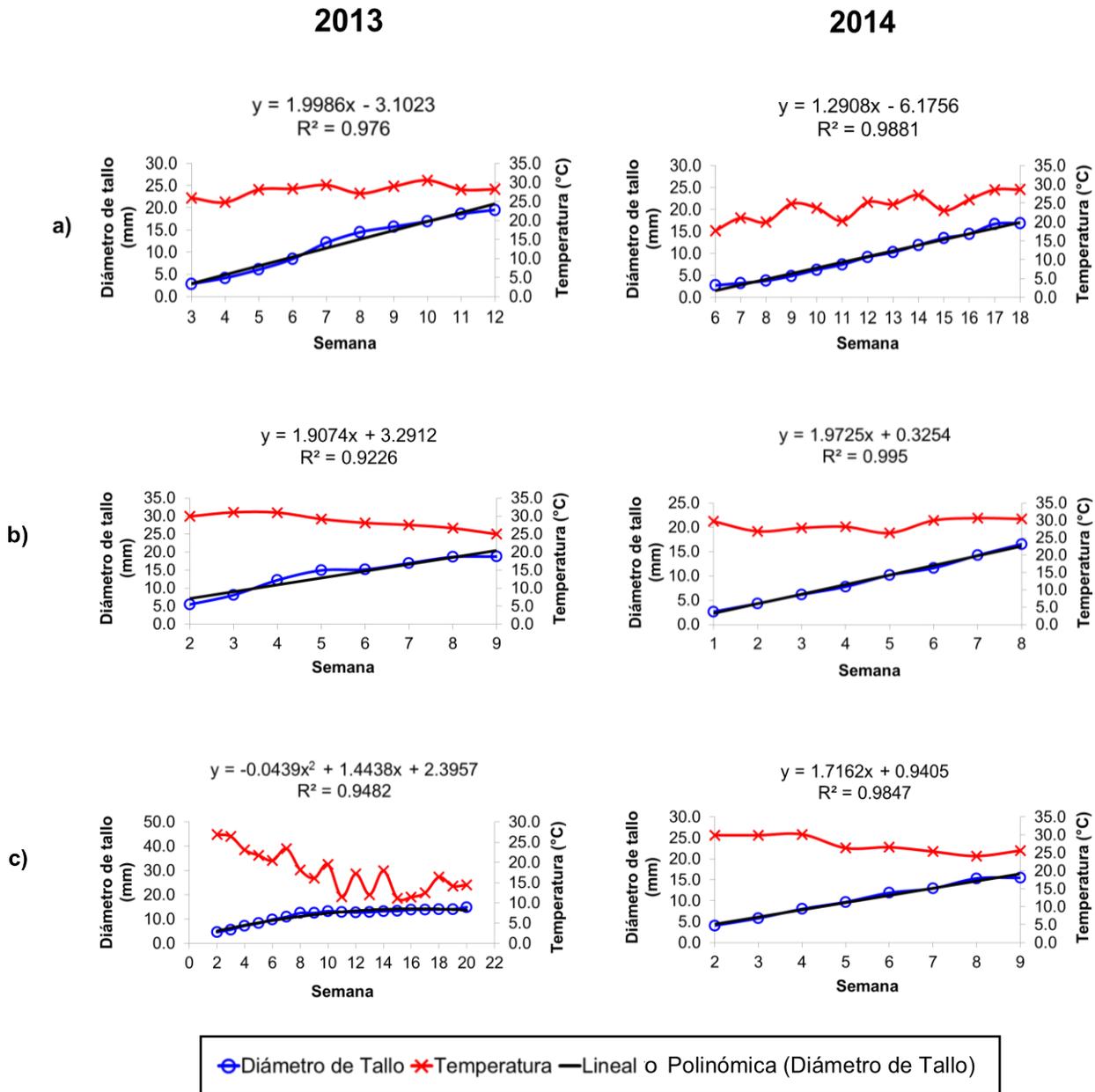


Figura 14. Diámetro de tallo y temperatura ambiental media (°C) en altura de planta al corte promedio de 178.4 cm (APC2), evaluadas por semana durante los años 2013 y 2014. a) Primer período, en el año 2013, consistió del 22 de abril al 14 de julio (83 días con 27.9 °C promedio), en el año 2014, consistió del 02 de febrero al 08 de junio (126 días con 22.6 °C promedio); b) Segundo período, en el año 2013, consistió del 14 de julio al 15 de septiembre (63 días con 28.6 °C promedio), en el año 2014, el período consistió del 08 de junio al 03 de agosto (56 días con 28.8 °C promedio); c) Tercer período, en el año 2013, consistió del 15 de septiembre del año 2013 al 02 de febrero del 2014 (140 días con 17.6 °C promedio), en el año 2014, consistió del 03 de agosto al 05 de octubre (63 días con 27.2 °C promedio).

El diámetro de tallo por semana en APC2 durante el tercer período de crecimiento en el año 2013 (del 15 de septiembre del año 2013 al 02 de febrero del año 2014), registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo entre niveles de fertilización y densidades de población; la fertilización con 400 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> obtuvo mayor ( $P < 0.05$ ) diámetro de tallo solo en las semanas 13 a 20 (Apéndice A 23), este comportamiento está asociado a la altura de planta, debido a que al fertilizar, se obtuvo mayor altura de planta (Apéndice A 10) y la altura de planta registró correlación ( $P = 0.000$ ) con el diámetro de tallo (Figura 17), en la que a mayor altura de planta se obtuvo mayor diámetro de tallo, además de que al fertilizar se obtuvo mayor número de hojas ( $P < 0.05$ ) (Apéndice A 39) y en la presente investigación se obtuvo correlación ( $P = 0.000$ ) entre diámetro de tallo y número de hojas (Figura 19), registrando mayor número de hojas a mayor diámetro de tallo, coincidiendo con lo reportado por Zhao *et al.* (2005), quienes obtuvieron que en hojas de sorghum cultivar DK 44C, la deficiencia de N se reflejó con un menor contenido de clorofila y una menor fotosíntesis, mostrando una menor capacidad de crecimiento y producción de biomasa. La densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>, registró mayor ( $P < 0.05$ ) diámetro de tallo en las semanas 2 a 20 (Apéndice A 23). El mayor diámetro de tallo en la densidad de 11 plantas m<sup>-2</sup> está asociado a que en esta densidad de población se obtuvieron plantas más altas ( $P < 0.05$ ) (Apéndice A 10), registrando además en la presente investigación, correlación ( $P = 0.000$ ) entre altura de planta y diámetro de tallo (Figura 17), en la que a mayor altura de planta se obtuvo mayor diámetro de tallo, por lo que las plantas más altas en la menor densidad de población es debido a la mayor ( $P < 0.05$ ) iluminación (Apéndice A 44) (ver capítulo: Iluminación en el Cultivo de *M. oleifera* para Forraje) y al mayor

número de hojas ( $P < 0.05$ ) (Apéndice A 39), las cuales proveen de nutrientes a la planta por medio de la fotosíntesis tal como lo mencionan Nobel *et al.* (1975), favoreciendo así un mayor crecimiento. Las variedades obtuvieron de las semanas 2 a 20 un diámetro de tallo en promedio de 4.7 a 15 mm (Apéndice A 23); el aumento del diámetro de tallo en promedio por semana durante este período se representó con una polinómica de orden dos con un  $R^2 = 0.9482$ , estando asociada a la disminución en el aumento de diámetro de tallo por semana, con una disminución en la temperatura ambiental (Figura 14), (Apéndice A 23).

El diámetro de tallo por semana en APC2 durante el primer período de crecimiento en el año 2014 (del 02 de febrero al 08 de junio), registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre niveles de fertilización, variedades y densidades de población; la fertilización con  $0.0 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , obtuvo mayor ( $P < 0.05$ ) diámetro de tallo solo en las semanas 7 y 8 (Apéndice A 24), este comportamiento está asociado a la altura de planta, debido a que los tratamientos sin fertilizar, registraron mayor altura de planta en las semanas respectivas (Apéndice A 11) y la altura de planta registró correlación ( $P = 0.000$ ) con el diámetro de tallo (Figura 17), en la que a mayor altura de planta se obtuvo mayor diámetro de tallo. Welch *et al.* (1973), reportaron que no obtuvieron efecto de la fertilización nitrogenada en cultivo de soya, por lo que no representó un factor limitante en el crecimiento de ese cultivo en Illinois; sin embargo, Eriksen y Whitney (1981), mencionan que los pastos tienden a crecer más cuando hay disminución en la intensidad de la luz y fertilización nitrogenada. La variedad de vaina larga registró mayor ( $P < 0.05$ ) diámetro de tallo solo en la semana 6, mientras que la

variedad de vaina corta obtuvo mayor diámetro de tallo solo en la semana 12 (Apéndice A 24), este cambio en el diámetro de tallo mayor entre variedades está asociado a la temperatura ambiental, debido a que en la semana 6 en la que registró un mayor diámetro de tallo la variedad de vaina larga, la temperatura media fue de 17.7 °C, mientras que en la semana 12 en la que obtuvo mayor diámetro la variedad de vaina corta, fue con una temperatura media de 25.3 °C (Apéndice A 24). Abubakar *et al.* (2011), registraron que el cultivo de *M. oleifera* obtuvo variaciones anatómicas y morfológicas en plantas de la misma región (al Norte de Nigeria), por lo que recomendaron que se pueden seleccionar las plantas con las características más deseables para cada región y así obtener el óptimo aprovechamiento del cultivo, por lo que en la presente investigación se obtuvo que cuando hay temperatura media inferior a 21.1 °C, es preferible la variedad de vaina larga debido a que obtuvo mayor diámetro de tallo y éste registró correlación ( $P = 0.000$ ) con la altura de planta (Figura 17), en la que a mayor diámetro de tallo se obtuvo mayor altura de planta, además de que el diámetro de tallo registró correlación ( $P = 0.000$ ) con el número de hojas, en la que a mayor diámetro de tallo obtuvo mayor número de hojas (Figura 19); sin embargo, cuando la temperatura ambiental fue superior a 21.1 °C, el mayor diámetro de tallo lo obtuvo la variedad de vaina corta, siendo la variedad preferible en estas condiciones. La densidad de población de 11 plantas  $m^{-2}$  obtuvo mayor ( $P < 0.05$ ) diámetro de tallo solo en las semanas 7 a 18 (Apéndice A 24). El mayor diámetro de tallo en la densidad de 11 plantas  $m^{-2}$  está asociado a que en esta densidad de población se obtuvieron plantas más altas (Apéndice A 11), registrando además en la presente investigación, correlación ( $P = 0.000$ ) entre altura de planta y diámetro de tallo (Figura 17), en la que a

mayor altura de planta se obtuvo mayor diámetro de tallo, por lo que las plantas más altas en la menor densidad de población es debido a la mayor ( $P < 0.05$ ) iluminación (Apéndice A 44) (ver capítulo: Iluminación en el Cultivo de *M. oleifera* para Forraje) y al mayor número de hojas ( $P < 0.05$ ) (Apéndice A 40), las cuales proveen de nutrientes a la planta por medio de la fotosíntesis tal como lo mencionan Nobel *et al.* (1975), favoreciendo así un mayor crecimiento. El diámetro de tallo promedio de las semanas 6 a 18, registró una tendencia de aumento lineal con un  $R^2 = 0.9881$  (Figura 14).

El diámetro de tallo por semana en APC2 durante el segundo período de crecimiento en el año 2014 (del 08 de junio al 03 de agosto), registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo entre densidades de población; la densidad de población con 11 plantas  $m^{-2}$ , obtuvo mayor ( $P < 0.05$ ) diámetro de tallo solo en las semanas 6, 7 y 8 (Apéndice A 25). El mayor diámetro de tallo en la densidad de 11 plantas  $m^{-2}$  está asociado a que en esta densidad de población se obtuvieron plantas más altas ( $P < 0.05$ ) (Apéndice A 12), registrando además en la presente investigación, correlación ( $P = 0.000$ ) entre altura de planta y diámetro de tallo (Figura 17), en la que a mayor altura de planta se obtuvo mayor diámetro de tallo, por lo que las plantas más altas en la menor densidad de población es debido a la mayor ( $P < 0.05$ ) iluminación (Apéndice A 44) (ver capítulo: Iluminación en el Cultivo de *M. oleifera* para Forraje) y al mayor número de hojas ( $P < 0.05$ ) (Apéndice A 41), las cuales proveen de nutrientes a la planta por medio de la fotosíntesis tal como lo mencionan Nobel *et al.* (1975), favoreciendo así un mayor crecimiento. Los niveles de fertilización y las variedades obtuvieron en promedio de la semana 1 a 8, un diámetro de tallo de 2.7 y 16.6 mm, respectivamente (Apéndice A

25); el diámetro de tallo promedio de las semanas 1 a 8, registró una tendencia de aumento lineal con un  $R^2 = 0.995$  (Figura 14).

El diámetro de tallo por semana en APC2 durante el tercer período de crecimiento en el año 2014 (del 03 de agosto al 05 de octubre), no registró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre niveles de fertilización, variedades ni densidades de población, obteniendo en las semanas 2 a 9, un promedio de 4.1 y 15.5 mm, respectivamente (Apéndice A 26), obteniendo una tendencia de aumento lineal en el diámetro de tallo con un  $R^2 = 0.9847$  (Figura 14)

#### 4.3.4. Número de tallos

El número de tallos en el cultivo de *M. oleifera* se registró en cada período de crecimiento durante dos años consecutivos (2013 y 2014), evaluando dos niveles de fertilización nitrogenada (0 y 400 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), dos variedades (vaina corta y vaina larga), dos densidades de población (11 y 33 plantas m<sup>-2</sup>) y dos alturas de planta al corte (145.7 y 178.4 cm).

El número de tallos en la altura de planta al corte de 145.7 cm (APC1) registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo entre variedades de *M. oleifera* y densidades de población (Apéndice A 27), mientras que en la altura de planta al corte de 178.4 cm (APC2) se obtuvo diferencia significativa entre niveles de fertilización, variedades de *M. oleifera* y densidades de población (Apéndice A 28). Ramírez *et al.* (2004), obtuvieron que el comportamiento de diversos cultivos se ve afectado por estacionalidad y debido

a que en el presente estudio las alturas de planta al corte se obtuvieron en fechas distintas, la diferencia en los resultados entre las alturas de planta al corte están asociadas además a la estacionalidad.

El número de tallos en APC1 no registró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre niveles de fertilización en los dos años evaluados, obteniendo en el año 2013 un promedio de 1.0, 2.3 y 3.4 tallos en los períodos 1, 2 y 3, mientras que en el año 2014 se registró un promedio de 3.4, 3.2, 3.1, 3.6 tallos en los períodos i, 1, 2 y 3, respectivamente (Apéndice A 27). Welch *et al.* (1973), reportaron que no obtuvieron efecto de la fertilización nitrogenada en cultivo de soya (*Glycine max* (L.) Merrill), por lo que no representó un factor limitante en el crecimiento de ese cultivo en Illinois, tal como se obtuvo en la presente investigación, en la que el cultivo de *M. oleifera* en APC1, no registró deficiencias en cuanto a número de tallos, ocasionadas por falta de nitrógeno.

El número de tallos en APC1 fue mayor ( $P < 0.05$ ) en la variedad de vaina larga en el tercer período del año 2013, mientras que en el año 2014, la variedad de vaina larga fue mayor en los períodos i, 1, 2 y 3 (Apéndice A 27). Abubakar *et al.* (2011), registraron que el cultivo de *M. oleifera* tiene variaciones anatómicas y morfológicas debidas a cambios en factores como el contenido de humedad en el suelo o la velocidad del viento, por lo que sugieren que se puede seleccionar plantas con las características más deseables para cada región y propósito.

El número de tallos en APC1 fue mayor ( $P < 0.05$ ) en la densidad de 11 plantas  $m^{-2}$ , en los dos años evaluados (2013 y 2014), en el año 2013 se obtuvo diferencia solo en los períodos 2 y 3, mientras que en el 2014 se registró diferencia solo en los períodos 1, 2 y 3 (Apéndice A 27). El mayor número de tallos a menor densidad de población está asociado a la iluminación (ver capítulo: Iluminación en el Cultivo de *M. oleifera* para Forraje), en la que las plantas tienen mayor iluminación, realizando así mayor fotosíntesis y reflejado en una mayor capacidad de producción por planta debida a la mayor cantidad de reserva de nutrientes tal como lo mencionan Nobel *et al.* (1975).

El número de tallos en APC2 registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre niveles de fertilización solo en el año 2013 y en el tercer período, obteniendo mayor número de tallos al fertilizar con 400 kg de N  $ha^{-1}$   $año^{-1}$  (Apéndice A 28); en el primero y segundo período se obtuvieron en promedio 1.0 y 2.2 tallos, respectivamente, mientras que en el año 2014 se registró un promedio de 3.7, 3.7 y 3.2 tallos en los períodos 1, 2 y 3, respectivamente (Apéndice A 28). Ramírez *et al.* (2004), obtuvieron que el comportamiento de diversos cultivos se ve afectado por estacionalidad, coincidiendo con lo registrado en la presente investigación, en la que se observó una asociación de la estacionalidad con los niveles de fertilización, en el número de tallos.

El número de tallos en APC2 registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre variedades de *M. oleifera* en los dos años evaluados, en el año 2013 obtuvo mayor ( $P < 0.05$ ) número de tallos la variedad de vaina larga solo en el tercer período (Apéndice A 28), el primero y segundo período obtuvieron en promedio 1.0 y 2.2 tallos; en el año

2014, el mayor ( $P < 0.05$ ) número de tallos lo registró la variedad de vaina larga en los períodos 1 y 2, con 4.1 tallos en ambos períodos, mientras que en el tercer período se obtuvo un promedio de 3.2 tallos (Apéndice A 28). Abubakar *et al.* 2011, registraron que al Norte de Nigeria, las hojas de la *M. oleifera* tienen variaciones anatómicas y morfológicas, lo que sugiere que se pueden seleccionar plantas con las características más deseables del cultivo en cada región para obtener su óptimo aprovechamiento, por lo que en la presente investigación, debido a que el enfoque es producción de biomasa para forraje y se obtuvo correlación ( $P = 0.000$ ) entre tallos y hojas, en la que a mayor número de tallos por planta se registró mayor número de hojas (Figura 20), la variedad de vaina larga en este contexto es la más deseable.

El número de tallos en APC2 registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre densidades de población en los dos años evaluados, en el año 2013 obtuvo mayor ( $P < 0.05$ ) número de tallos la densidad de 11 plantas  $m^{-2}$  en los períodos 2 y 3, el primer período obtuvo un tallo en ambas densidades; en el año 2014, la densidad de 11 plantas  $m^{-2}$  registró mayor número de tallos en los períodos 1, 2 y 3 con 4.2, 4.4 y 3.7 tallos, respectivamente (Apéndice A 28). El mayor número de tallos en la menor densidad de población está asociada a la iluminación, en la que a menor densidad de población se obtuvo mayor iluminación (Apéndice A 44) y la iluminación está asociada a la fotosíntesis, proveyendo de nutrientes a la planta y reflejándolo con un mayor crecimiento de planta, tal como lo mencionan Nobel *et al.* (1975); además, en la presente investigación se obtuvo correlación ( $P = 0.000$ ) entre tallos y hojas, en la que a mayor número de tallos por planta se registró mayor número de hojas (Figura 20), por

lo que la densidad de 11 plantas  $m^{-2}$  fue la más deseable en este caso, por su mayor capacidad de producción de tallos y hojas por planta.

El número de tallos registró diferencia entre períodos solo en el año 2013 para las alturas de planta al corte de 145.7 y 178.4 (APC1 y APC2, respectivamente), obteniendo un mayor número de tallos ( $P < 0.05$ ) en el tercer período; el aumento en el número de tallos en el año 2013 fue gradual en los períodos 1 a 3, obteniendo en el primer período un solo tallo para APC1 y APC2, en el segundo período se incrementó a 2.2 tallos para APC1 y APC2, en el tercer período obtuvieron 3.4 y 2.9 tallos en APC1 y APC2, respectivamente; en el año 2014 se obtuvo un promedio de 3.3 y 3.5 tallos para APC1 y APC2, respectivamente (Apéndice A 29).

#### 4.3.5. Número de hojas

El número de hojas en el cultivo de *M. oleífera* se registró cada semana durante dos años consecutivos, evaluando dos niveles de fertilización nitrogenada (0 y 400 kg de N  $ha^{-1}$   $año^{-1}$ ), dos variedades de *M. oleífera* (vaina corta y vaina larga), dos densidades de población (11 y 33 plantas  $m^{-2}$ ) y dos alturas de planta al corte (145.7 y 178.4 cm).

El número de hojas por semana en la altura de planta al corte de 145.7 cm (APC1) durante el primer período de crecimiento en el año 2013 (del 22 de abril del año 2013 al 23 de junio del año 2013), registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo entre variedades y densidades de población; obteniendo la diferencia entre variedades solo

en la semana 4 de establecido el cultivo y registrando mayor número de hojas la variedad de vaina corta (Apéndice A 30), Abubakar *et al.* (2011), encontraron variaciones anatómicas y morfológicas en las hojas de la *M. oleifera* obtenidas al Norte de Nigeria, sugiriendo que se puede seleccionar el cultivo con a las características más deseables en cada región y para cada propósito, obteniendo que en este caso es más deseable la variedad de vaina corta, debido a que el mayor contenido de proteína en el forraje de *M. oleifera* se encuentra en las hojas (Apéndice A 55); la densidad de población registró diferencia ( $P < 0.05$ ) en las semanas 7, 8 y 9, obteniendo mayor número de hojas en la densidad de 11 plantas  $m^{-2}$ , el mayor número de hojas obtenido con la menor densidad de población, es debido a que a menor densidad de población se obtuvo mayor ( $P < 0.05$ ) diámetro de tallo (Apéndice A 14) y el diámetro de tallo en la presente investigación obtuvo correlación ( $P = 0.000$ ) con el número de hojas (Figura 19), en la que a mayor diámetro de tallo se obtuvo mayor número de hojas, coincidiendo con lo reportado por Volenec *et al.* (1996), quienes mencionaron que el tallo actúa como almacén de reserva de nutrientes; la fertilización no registró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) en el número de hojas durante el período evaluado; obteniendo un número de hojas en promedio de la semana 3 a la semana 8, de 6.6 a 12.1 hojas, respectivamente, disminuyendo entre las semanas 8 y 9, a 5.0 hojas (Apéndice A 30) esta disminución es debida a la falta de iluminación en la parte inferior de la planta (ver capítulo: Iluminación en el Cultivo de *M. oleifera* para Forraje). Welch *et al.* (1973), registraron que no obtuvieron efecto de la fertilización nitrogenada en cultivo de soya (*Glycine max* (L.) Merrill), por lo que no representó un factor limitante en el crecimiento de ese cultivo en Illinois; sin embargo, Zhao *et al.* (2005), registraron que la deficiencia

de nitrógeno redujo la producción de biomasa en *Sorghum* (cv. DK 44C), por lo tanto, el cultivo en la presente investigación no se afectó por deficiencia de nitrógeno.

El número de hojas por semana en promedio en APC1 durante el primer período de crecimiento en el año 2013, aumentó durante las primeras 6 semanas hasta obtener una máximo de 12.6 hojas (Apéndice A 30), en las semanas 7, 8 y 9 se disminuyó el número de hojas obteniendo 11.5, 12.0 y 10.5 hojas (Figura 15); la disminución del número de hojas después de la semana 6 de crecimiento del cultivo de *M. oleifera* para forraje, está asociada al efecto de falta de iluminación en la parte inferior de la planta (ver capítulo: Iluminación en el Cultivo de *M. oleifera* para Forraje).

En el segundo período de crecimiento para APC1 en el año 2013 (del 23 de junio del año 2013 al 11 de agosto del año 2013), el número de hojas por semana registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre niveles de fertilización, variedades de *M. oleifera* y densidades de población. En la fertilización solo se obtuvo diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en la semana 2 de evaluación, obteniendo un mayor número de hojas al fertilizar con 400 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Apéndice A 31); Zhao *et al.* (2005), obtuvieron un comportamiento similar en hojas de sorghum cultivar DK 44C, en el que la deficiencia de N se reflejó con un menor contenido de clorofila y una menor fotosíntesis, mostrando además una menor capacidad de crecimiento y producción de biomasa; la variedad de *M. oleifera* registró diferencia significativa solo en la semana 2 de evaluación, obteniendo más hojas en la variedad de vaina corta (Apéndice A 31), debido a que las hojas son una buena fuente de proteína en la biomasa de *M. oleifera*

(Apéndice A 55), en este período la variedad de vaina corta fue la más deseable; la densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup> obtuvo mayor número de hojas ( $P < 0.05$ ) en todas las semanas evaluadas; Gadzirayi *et al.* (2013), no registraron diferencia significativa en el número de hojas de *M. oleifera* al evaluar las densidades de 25 y 44 plantas m<sup>-2</sup>, en plantas con altura entre 34.7 y 42.7 cm y registrando un promedio de 10.7 hojas; la diferencia entre investigaciones está asociada a la altura de planta evaluada, debido a que en la presente investigación se le permitió al cultivo desarrollar 145.7 cm de altura, generando un mayor diámetro de tallo por planta y proporcionando además mayor reserva de nutrientes para el rebrote, tal como lo mencionan Volenec *et al.* (1996), por lo que al haber diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en el diámetro de tallo entre densidades de población en la presente investigación (Apéndice A 15), además de diferencia ( $P < 0.05$ ) en el número de hojas entre densidades de población (Apéndice A 31), se obtuvo a menor densidad de población, mayor diámetro de tallo y mayor número de hojas.

El número de hojas por semana en promedio en APC1 durante el segundo período de crecimiento en el año 2013, registró un aumento de las semanas 2 a 5, con valores de 6.4 a 19.4 hojas (Figura 15), en la semana 6, se observó pérdida de hojas, obteniendo 19.2 hojas y en la semana 7 se registró un incremento a 21.0 hojas. La disminución en el número de hojas en la semana 6 está asociada a la falta de luz en la parte inferior de la planta (ver capítulo: Iluminación en el Cultivo de *M. oleifera* para Forraje); sin embargo, al seguir creciendo la planta en la semana 7, los brotes nuevos incrementaron el número de hojas. En este período (segundo en el año 2013) se

obtuvo mayor número máximo de hojas (Apéndice A 31) que en el período anterior (primero en el año 2013) (Apéndice A 30), debido a que en el primer período se registró solo un tallo del cual brotaron hojas, mientras que en el segundo período se obtuvo en promedio 2.2 tallos de los cuales brotaron hojas (Apéndice A 29), por lo que en la presente investigación se registró además que el número de tallos está correlacionado ( $P = 0.000$ ) con el número de hojas (Figura 20), en donde a mayor número de tallos se obtuvo mayor número de hojas.

En el tercer período de crecimiento de APC1 en el año 2013 (del 11 de agosto del año 2013 al 06 de octubre del año 2013), el número de hojas registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo entre densidad de población, obteniendo mayor número de hojas durante todo el período evaluado, la densidad de 11 plantas  $m^{-2}$  (Apéndice A 32), el mayor número de hojas en la menor densidad de población, es debido a que a menor densidad de población se obtuvo mayor ( $P < 0.05$ ) diámetro de tallo (Apéndice A 16) y el diámetro de tallo registró correlación ( $P = 0.000$ ) con el número de hojas, registrando mayor número de hojas a mayor diámetro de tallo (Figura 19), funcionando éste como almacén de reserva de nutrientes, tal como lo mencionan Volenec *et al.* (1996).

El número de hojas por semana en promedio en APC1 durante el tercer período de crecimiento en el año 2013, registró aumento durante las primeras 7 semanas; sin embargo, entre la semanas 7 y 8, se mantuvo el número de hojas en 27.3 (Figura 15). En este período (tercero en el año 2013) se obtuvo mayor número máximo de hojas

(Apéndice A 32) que en el período anterior (segundo en el año 2013) (Apéndice A 31), debido a que en el tercer período se registró en promedio 3.4 tallos de los cuales brotaron hojas, mientras que en el segundo período se tuvieron 2.2 tallos de los que brotaron hojas (Apéndice A 29), tal como se muestra en la Figura 20, que el número de tallos está correlacionado ( $P = 0.000$ ) con el número de hojas, en donde a mayor número de tallos se obtuvo mayor número de hojas.

En el período intermedio entre los años 2013 y 2014 para APC1 (del 06 de octubre del año 2013 al 25 de mayo del año 2014), el número de hojas registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre niveles de fertilización, variedades y densidades de población (Apéndice A 33); la fertilización obtuvo diferencia solo en la semana 15 de evaluación, registrando un mayor número de hojas al fertilizar con  $400 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , es decir que al fertilizar con nitrógeno se obtuvo una menor pérdida de hojas asociado al descenso de temperatura ambiental, coincidiendo con lo reportado por Volenec *et al.* (1996), quienes mencionan que la productividad de los forrajes está asociada a la disponibilidad de nitrógeno en las reservas de las plantas; la variedad de vaina corta registró mayor ( $P < 0.05$ ) número de hojas en las semanas 19, 20 y 21 (Apéndice A 33), es decir que obtuvo menor pérdida de hojas comparada con la variedad de vaina larga, asociado a la temperatura ambiental, Abubakar *et al.* (2011), encontraron variaciones anatómicas y morfológicas en las hojas de la *M. oleífera* obtenidas al Norte de Nigeria, por lo que sugieren que se puede seleccionar el cultivo con a las características más deseables en cada región, obteniendo que en este caso es más deseable la variedad de vaina corta debido a que registró menor pérdida de

hojas en este período (Apéndice A 33); la densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup> registró mayor ( $P < 0.05$ ) número de hojas en las semanas 2 a 18 y 22 a 33, el mayor número de hojas obtenido con la menor densidad de población, es debido a que a menor densidad de población se obtuvo mayor diámetro de tallo (Apéndice A 17) y éste, obtuvo correlación ( $P = 0.000$ ) con el número de hojas (Figura 19), en la que a mayor diámetro de tallo se registró mayor número de hojas, por lo que el tallo actuó como almacén de reserva de nutrientes, tal como lo mencionan Volenec *et al.* (1996); sin embargo, en la presente investigación el número de hojas no registró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre densidades de población en las semanas 19, 20 y 21, estando en el rango de 1.0 a 2.2 hojas por planta (Apéndice A 33).

El número de hojas por semana en promedio en APC1 durante el período intermedio entre los años 2013 y 2014, registró aumento de las semanas 2 a 7 con 10.7 y 20.9 hojas, respectivamente (Figura 15, Apéndice A 33), de las semanas 8 a 20, se obtuvo una disminución gradual en el número de hojas de 19.3 a 1.0 hojas debido al descenso en la temperatura ambiental (Figura 15), de las semanas 21 a 29, se registró aumento en el número de hojas de 1.0 a 29.0 hojas, respectivamente, asociado al aumento de la temperatura ambiental (Figuras 11, 12 y 15), de las semanas 29 a 33 se registró nuevamente pérdida de hojas de 29.0 a 23.7 hojas, respectivamente, estando asociada a la falta de iluminación en la parte inferior de la planta (ver capítulo: Iluminación en el Cultivo de *M. oleifera* para Forraje). En este período se obtuvo un mayor número máximo de hojas (Apéndice A 33), comparado con el período anterior (tercero en el año 2013) (Apéndice A 32), debido al efecto de las bajas temperaturas registradas a

mediación del período, estimulando un mayor número de brotes al aumentar nuevamente la temperatura ambiental (Apéndice A 33).

El número de hojas en el primer período del año 2014 en APC1 (del 25 de mayo del año 2014 al 20 de julio del año 2014), registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo entre variedades y densidades de población, obteniendo un mayor número de hojas la variedad de vaina larga en las semanas 2 a 6 (Apéndice A 34), en las semanas 7 y 8 no se registró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre variedades; sin embargo, el número de hojas siguió aumentando (24.3 y 24.8 hojas en promedio, respectivamente). Abubakar *et al.* (2011), encontraron variaciones anatómicas y morfológicas en las hojas de la *M. oleifera* obtenidas al Norte de Nigeria, por lo que sugieren que se puede seleccionar el cultivo con a las características más deseables en cada región, obteniendo que en la presente investigación y en este período, fue más deseable la variedad de vaina larga, debido a que registró el mayor número de hojas; la densidad de población de 11 plantas  $m^{-2}$  obtuvo mayor ( $P < 0.05$ ) número de hojas en todas las semanas evaluadas durante este período (Apéndice A 34), el mayor número de hojas obtenido con la menor densidad de población, es debido a que a menor densidad de población se obtuvo mayor diámetro de tallo (Apéndice A 18) y el diámetro de tallo en la presente investigación obtuvo correlación ( $P = 0.000$ ) con el número de hojas (Figura 19), en la que a mayor diámetro de tallo se obtuvo mayor número de hojas, coincidiendo con lo reportado por Volenec *et al.* (1996), quienes mencionaron que el tallo actúa como almacén de reserva de nutrientes.

El número de hojas por semana en promedio en APC1 durante el primer período de crecimiento en el año 2014, obtuvo de 7.0 a 24.7 hojas en las semanas 2 a 8, registrando solo incrementos en el número de hojas (Apéndice A 34), obteniendo el mayor incremento en el número de hojas (5.5 hojas por semana) entre las semanas 4 y 5 con 15.0 y 20.5 hojas, respectivamente (Figura 15). En este período se obtuvo menor número máximo de hojas (Apéndice A 34) comparado con el período anterior (período intermedio entre los años 2013 y 2014) (Apéndice A 33), debido a que en el primer período en el año 2014 se registraron 3.2 tallos de los cuales brotaron hojas, mientras que en el período intermedio entre los años 2013 y 2014 se tuvieron 3.3 tallos con brotes de hojas (Apéndice A 29), coincidiendo con lo registrado en la correlación ( $P = 0.000$ ) de tallos y hojas (Figura 20) en la que a mayor número de tallos se obtuvo mayor número de hojas.

En el segundo período del año 2014 para APC1 (del 20 de julio del año 2014 al 31 de agosto del año 2014), el número de hojas registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo entre variedades y densidades de población, obteniendo un mayor número de hojas la variedad de vaina larga en las semanas 2, 3 y 4 (Apéndice A 35). Abubakar *et al.* (2011), registraron que las hojas de *M. oleifera* presentaron variaciones anatómicas y morfológicas en plantas de la misma región (al Norte de Nigeria), recomendando que se pueden seleccionar las plantas con las características más deseables para cada región y así obtener el óptimo aprovechamiento del cultivo, por lo que en la presente investigación y en este período específico, la variedad de vaina larga fue la más deseable, debido a que en el forraje de *M. oleifera*, las hojas tienen mayor contenido de

proteína cruda y proteína verdadera (Apéndice A 55). La densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup> obtuvo mayor número de hojas en todas las semanas evaluadas (Apéndice A 35). El mayor número de hojas obtenido con la menor densidad de población, es debido a que a menor densidad de población se obtuvo mayor diámetro de tallo (Apéndice A 19) y el diámetro de tallo en la presente investigación obtuvo correlación ( $P = 0.000$ ) con el número de hojas (Figura 19), en la que a mayor diámetro de tallo se obtuvo mayor número de hojas, coincidiendo con lo reportado por Volenec *et al.* (1996), quienes mencionaron que el tallo actúa como almacén de reserva de nutrientes.

El número de hojas por semana en promedio en APC1 durante el segundo período de crecimiento en el año 2014, registró de las semanas 2 a 6 un número de hojas respectivas de 10.6 a 27.2 (Figura 15). En este período se obtuvo mayor número máximo de hojas (Apéndice A 35), comparado con el período anterior (primero en el año 2014) (Apéndice A 34), este comportamiento está asociado a una mayor temperatura ambiental durante el segundo período, respecto al primer período.

En el tercer período del año 2014 para APC1 (del 31 de agosto del año 2014 al 09 de noviembre del año 2014), el número de hojas registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo entre densidades de población, obteniendo mayor número de hojas en todo el período evaluado, la densidad de 11 plantas m<sup>-2</sup> (Apéndice A 36), el mayor número de hojas obtenido con la menor densidad de población, es debido a que a menor densidad de población se obtuvo mayor diámetro de tallo (Apéndice A 20) y el diámetro de tallo en la presente investigación obtuvo correlación ( $P = 0.000$ ) con el número de

hojas (Figura 19), en la que a mayor diámetro de tallo se obtuvo mayor número de hojas, coincidiendo con lo reportado por Volenec *et al.* (1996), quienes mencionaron que el tallo actúa como almacén de reserva de nutrientes; la fertilización y la variedad, obtuvieron en promedio 8.0 y 27.2 hojas para las semanas 2 y 10, respectivamente.

El número de hojas por semana en promedio en APC1 durante el tercer período de crecimiento en el año 2014, registró aumento en el número de hojas de las semanas 2 a 8 con 8.0 a 26.3 hojas, respectivamente (Apéndice A 36), en las semanas 9 y 10, el número de hojas disminuyó y aumentó con 26.2 y 27.2 hojas, respectivamente (Figura 15); la disminución en el número de hojas en la semana 9 está asociada a la falta de iluminación en la parte inferior de la planta (ver capítulo: Iluminación en el Cultivo de *M. oleifera* para Forraje). En este período (tercero en el año 2014) se obtuvo el mismo número máximo de hojas (27.2 hojas) que en el período anterior (segundo en el año 2014); sin embargo, en los períodos 2 y 3, obtuvieron 3.1 y 3.5 tallos (Apéndice A 29); por lo que el mismo número de hojas con menor número de tallos en el período 2 comparado con el período 3, está asociado a una mayor temperatura ambiental durante el período 2, obteniendo 29.8 y 23.9 °C en el período 2 y 3, respectivamente (Apéndice A 35 y A 36).

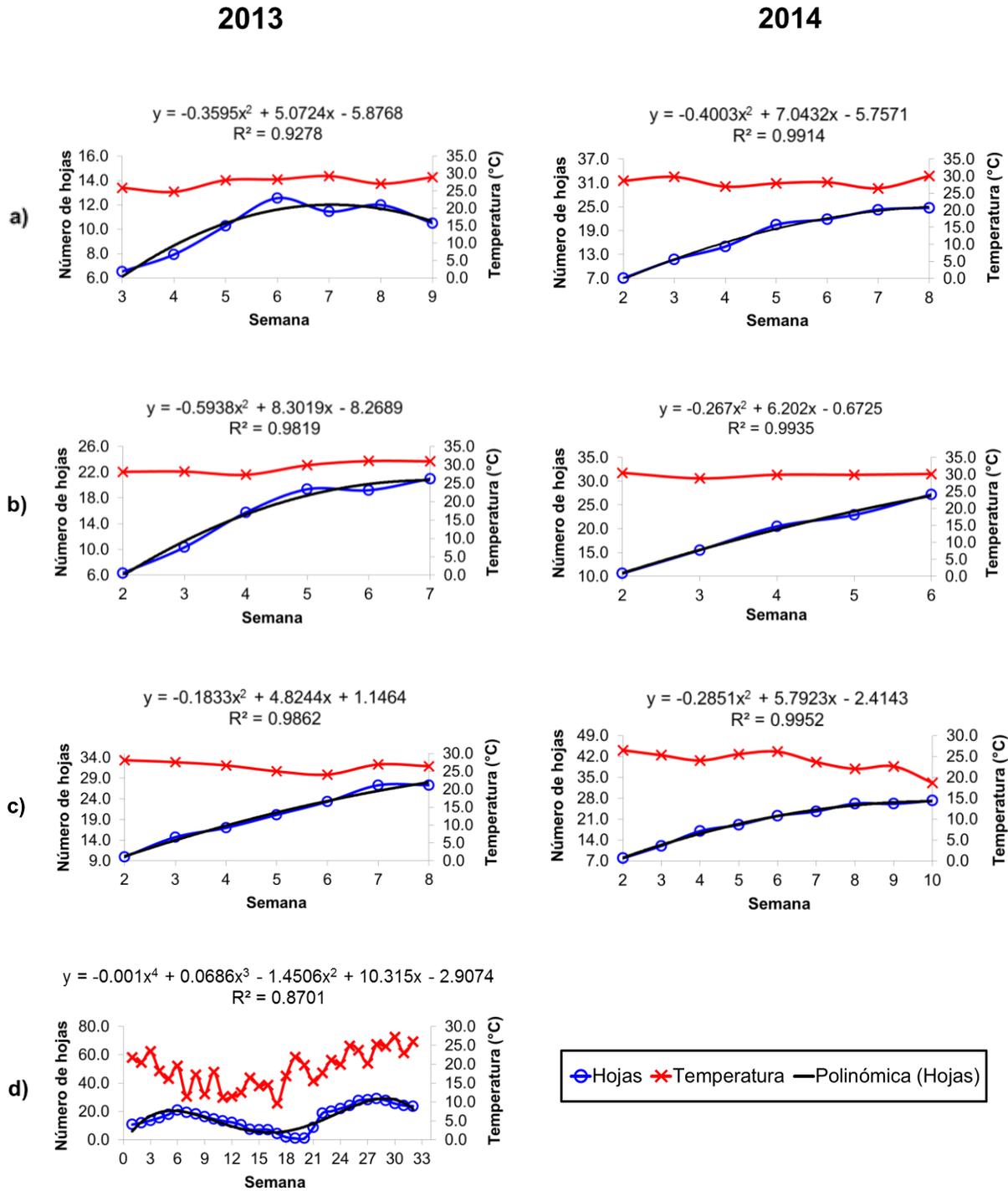


Figura 15. Número de hojas y temperatura ambiental media (°C) en altura de planta al corte promedio de 145.7 cm (APC1), evaluadas por semana durante los años 2013 y 2014. a) Primer período, en el año 2013, consistió del 22 de abril al 23 de junio (62 días con 27.5 °C promedio), en el año 2014, consistió del 25 de mayo al 20 de julio (56 días con 28.2 °C promedio); b) Segundo período, en el año 2013, consistió del 23 de junio al 11 de agosto (49 días con 29.3 °C promedio), en el año 2014, consistió del 20 de julio al 31 de agosto (42 días con 29.8 °C promedio); c) Tercer período, en el año 2013, consistió del 11 de agosto al 06 de octubre (56 días con 26.4 °C promedio), en el año 2014, consistió del 31 de agosto al 09 de noviembre (70 días con 23.9 °C promedio); d) Período intermedio entre los años 2013 y 2014, consistió del 06 de octubre de 2013 al 25 de mayo de 2014 (231 días con 18.6 °C promedio).

El número de hojas en el primer período del año 2013 en la altura de planta al corte de 178.4 cm (APC2) (del 22 de abril del año 2013 al 14 de julio del año 2013), registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre niveles de fertilización, variedades y densidades de población; entre niveles de fertilización se obtuvo mayor número de hojas al fertilizar con 400 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, solo en las semanas 7 y 8, respectivamente (Apéndice A 37), Zhao *et al.* (2005), obtuvieron un comportamiento similar en hojas de sorghum cultivar DK 44C, en el que la deficiencia de N se reflejó con un menor contenido de clorofila y una menor fotosíntesis, mostrando además una menor capacidad de crecimiento y producción de biomasa; la variedad registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo en las semanas 9 y 10, obteniendo mayor número de hojas la variedad de vaina corta (Apéndice A 37), esta diferencia entre variedades está asociada a la pérdida de hojas debida a la falta de iluminación en la parte inferior de la planta (ver capítulo: Iluminación en el Cultivo de *M. oleifera* para Forraje), Abubakar *et al.* (2011), registraron que las hojas de *M. oleifera* presentaron variaciones anatómicas y morfológicas en plantas de la misma región (al Norte de Nigeria), recomendando que se pueden seleccionar las plantas con las características más deseables para cada región y así obtener el óptimo aprovechamiento del cultivo, por lo que en la presente investigación y en este período específico, la variedad de vaina corta fue la más deseable por registrar mayor cantidad de hojas, debido a que en el forraje de *M. oleifera*, las hojas tienen mayor contenido de proteína cruda y proteína verdadera (Apéndice A 55); la densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>, registró mayor número de hojas ( $P < 0.05$ ) solo en la semana 4 de evaluación; sin embargo, el mayor número de hojas ( $P < 0.05$ ) en las semanas 7 a 12, lo obtuvo la densidad de 11 plantas m<sup>-2</sup> (

Apéndice A 37), esta diferencia entre densidades está asociada a la pérdida de hojas debida a la falta de iluminación en la parte inferior de la planta (ver capítulo: Iluminación en el Cultivo de *M. oleifera* para Forraje).

El número de hojas por semana en promedio en APC2 durante el primer período de crecimiento en el año 2013, registró aumento en el número de hojas de las semanas 3 a 6 con 6.3 y 12.8 hojas, respectivamente (Apéndice A 37), en la semana 7 disminuyó el número de hojas obteniendo 12.1 hojas, en la semana 8 aumentó a 12.3 hojas, en la semana 9 disminuyó a 9.5 hojas y en las semanas 10 a 12, aumentó hasta obtener 13.0 hojas (Figura 16). Las disminuciones en el número de hojas están asociadas a la falta de iluminación en la parte inferior de la planta (ver capítulo: Iluminación en el Cultivo de *M. oleifera* para Forraje).

En el segundo período del año 2013 para APC2 (del 14 de julio del año 2013 al 15 de septiembre del año 2013), el número de hojas registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo entre variedades y densidades de población, obteniendo mayor número de hojas la variedad de vaina larga, solo durante las semanas 2 y 3; sin embargo, la variedad de vaina corta obtuvo mayor número de hojas ( $P < 0.05$ ) en las semanas 8 y 9 (Apéndice A 38); el mayor número de hojas en la variedad de vaina corta está asociado a la menor pérdida de hojas por el efecto de la falta de luz en la parte inferior de la planta (ver capítulo: Iluminación en el Cultivo de *M. oleifera* para Forraje), Abubakar *et al.* (2011), obtuvieron variaciones anatómicas y morfológicas en hojas de *M. oleifera* en plantas de la misma región (al Norte de Nigeria), recomendando que se pueden

seleccionar las plantas con las características más deseables para cada región y así obtener el óptimo aprovechamiento del cultivo, por lo que en la presente investigación y en este período específico, la variedad de vaina corta fue la más deseable, debido a que fue la que obtuvo mayor número de hojas y la menor pérdida de hojas (Apéndice A 38), debida a la falta de iluminación; la densidad de 11 plantas  $m^{-2}$  obtuvo mayor número de hojas en todas las semanas evaluadas durante el período. El mayor número de hojas obtenido con la menor densidad de población, es debido a que a menor densidad de población se obtuvo mayor ( $P < 0.05$ ) diámetro de tallo (Apéndice A 22) y el diámetro de tallo en la presente investigación obtuvo correlación ( $P = 0.000$ ) con el número de hojas (Figura 19), en la que a mayor diámetro de tallo se obtuvo mayor número de hojas, coincidiendo con lo reportado por Volenec *et al.* (1996), quienes mencionaron que el tallo actúa como almacén de reserva de nutrientes.

El número de hojas por semana en promedio en APC2 durante el segundo período de crecimiento en el año 2013, registró aumento en las semanas 2 a 4 con 11.2 y 19.7 hojas (Figura 16), en las semanas 5 y 6 disminuyó el número de hojas con 19.0 y 18.2 hojas, la semana 7 incrementó a 20.1 hojas, mientras que las semanas 8 y 9 el número de hojas disminuyó a 19.4 y 19.3 hojas (Apéndice A 38). La pérdida de hojas está asociada con la falta de iluminación en la parte inferior de la planta (ver capítulo: Iluminación en el Cultivo de *M. oleifera* para Forraje). En este período se obtuvo mayor número máximo de hojas (Apéndice A 38) comparado con el período anterior (Apéndice A 37), debido a que en el primer período se registró solo un tallo del cual brotaron hojas, mientras que en el segundo período se tuvieron más de un tallo

(Apéndice A 29) con brotes de hojas, coincidiendo con lo registrado en la correlación ( $P = 0.000$ ) de tallos y hojas (Figura 20) en la que a mayor número de tallos se obtuvo mayor número de hojas.

En el tercer período del año 2013 en APC2 (del 15 de septiembre del año 2013 al 02 de febrero del año 2014), el número de hojas registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre niveles de fertilización, obteniendo mayor número de hojas al fertilizar con 400 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en las semanas 2 a 11 y 13 a 20 (Apéndice A 39), Zhao *et al.* (2005), obtuvieron un comportamiento similar en hojas de sorghum cultivar DK 44C, en el que la deficiencia de N se reflejó con un menor contenido de clorofila y una menor fotosíntesis, mostrando además una menor capacidad de crecimiento y producción de biomasa; en la presente investigación se observó un incremento en el número de hojas debido al aumento de altura de planta de las semanas 2 a 6; sin embargo, en las semanas 7 a 20 se observó una tendencia de disminución en el número de hojas, asociado a la falta de iluminación en el cultivo (ver capítulo: Iluminación en el Cultivo de *M. oleifera* para Forraje) además del descenso en la temperatura ambiental (Figura 16); la variedad de vaina larga registró mayor ( $P < 0.05$ ) número de hojas en las semanas 2 a 10, así como en las semanas 14, 18 y 19 (Apéndice A 39). Abubakar *et al.* (2011), obtuvieron variaciones anatómicas y morfológicas en hojas de *M. oleifera* en plantas de la misma región (al Norte de Nigeria), recomendando que se pueden seleccionar las plantas con las características más deseables para cada región y así obtener el óptimo aprovechamiento del cultivo, por lo que en la presente investigación y en este período específico, la variedad de vaina larga fue la más deseable, debido a que fue la que

obtuvo mayor número de hojas y la menor pérdida de hojas debida al frío (Apéndice A 39); la densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup> obtuvo mayor número de hojas ( $P < 0.05$ ) en todas las semanas evaluadas (Apéndice A 39). El mayor número de hojas obtenido con la menor densidad de población, es debido a que a menor densidad de población se obtuvo mayor ( $P < 0.05$ ) diámetro de tallo (Apéndice A 23) y el diámetro de tallo en la presente investigación obtuvo correlación ( $P = 0.000$ ) con el número de hojas (Figura 19), en la que a mayor diámetro de tallo se obtuvo mayor número de hojas, coincidiendo con lo reportado por Volenec *et al.* (1996), quienes mencionaron que el tallo actúa como almacén de reserva de nutrientes.

El número de hojas por semana en promedio en APC2 durante el tercer período de crecimiento en el año 2013, registró el mayor número de hojas en la semana 6 de evaluación, obteniendo 23.9 hojas (Figura 16), de las semanas 7 a 20 se observó una disminución en el número de hojas de 21.8 a 11.1 hojas (Apéndice A 39). La disminución en el número de hojas está asociada al descenso en la temperatura ambiental (Figura 16), coincidiendo con lo reportado por Paliwal *et al.* (2011) y Ferreira *et al.* (2015), quienes mencionan que el crecimiento del cultivo de *M. oleifera* es afectado por temperaturas inferiores a 20 °C. En este período (tercero en el año 2013) se obtuvo mayor número máximo de hojas (Apéndice A 39), comparado con en el período anterior (segundo en el año 2013) (Apéndice A 38), debido a que en el segundo período se registraron 2.2 tallos de los cuales brotaron hojas, mientras que en el tercer período se tuvieron 2.9 tallos de los cuales brotaron hojas (Apéndice A 29),

coincidiendo con lo registrado en la correlación ( $P = 0.000$ ) de tallos y hojas (Figura 20) en la que a mayor número de tallos se obtuvo mayor número de hojas.

El número de hojas en el primer período del año 2014 en APC2 (del 02 de febrero del año 2014 al 08 de junio del año 2014), registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo entre variedades de *M. oleifera* y densidades de población, obteniendo mayor número de hojas la variedad de vaina larga en las semanas 6 a 14 (Apéndice A 40), por lo que en este período fue la variedad más deseable en cuanto a número de hojas, debido a que en el forraje de *M. oleifera*, las hojas tienen mayor contenido de proteína cruda y proteína verdadera (Apéndice A 55); la densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>, obtuvo mayor número de hojas ( $P < 0.05$ ) en las semanas 7 a 18 (Apéndice A 40). El mayor número de hojas obtenido con la menor densidad de población, es debido a que a menor densidad de población se obtuvo mayor ( $P < 0.05$ ) diámetro de tallo (Apéndice A 24) y el diámetro de tallo en la presente investigación obtuvo correlación ( $P = 0.000$ ) con el número de hojas (Figura 19), en la que a mayor diámetro de tallo se obtuvo mayor número de hojas, coincidiendo con lo reportado por Volenec *et al.* (1996), quienes mencionaron que el tallo actúa como almacén de reserva de nutrientes. En la presente investigación, el número de hojas se incrementó de la semana 6 a la semana 12 debido al aumento en altura de planta (Apéndices A 40 y A 11, respectivamente); sin embargo, de la semana 13 a la semana 18, se observó una disminución en el número de hojas (Apéndice A 40), asociado a la falta de iluminación en la parte inferior de la planta (ver capítulo: Iluminación en el Cultivo de *M. oleifera* para Forraje).

El número de hojas por semana en promedio en APC2 durante el primer período de crecimiento en el año 2014, registró el mayor número en la semana 12 con 27.6 hojas, las semanas 13 a 18 registraron 26.4 y 21.1, respectivamente (Figura 16), la disminución en el número de hojas está asociado a la falta de iluminación en la parte inferior de la planta (ver capítulo: Iluminación en el Cultivo de *M. oleifera* para Forraje). En este período (primero en el año 2014) (Apéndice A 40), se obtuvo un mayor número máximo de hojas comparado con el período anterior (tercero en el año 2013) (Apéndice A 39), debido a que en el tercer período del año 2013 se registraron 2.9 tallos de los cuales brotaron hojas, mientras que en el primer período del año 2014 se obtuvieron 3.6 tallos de los cuales brotaron hojas (Apéndice A 29), coincidiendo con lo registrado en la correlación ( $P = 0.000$ ) de tallos y hojas (Figura 20) en la que a mayor número de tallos se obtuvo mayor número de hojas.

En el segundo período del año 2014 en APC2 (del 08 de junio del año 2014 al 03 de agosto del año 2014), el número de hojas registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo entre niveles de fertilización y densidades de población, la fertilización con 400 kg de N  $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ , obtuvo mayor número de hojas en las semanas 1 a 6 (Apéndice A 41), Zhao *et al.* (2005), obtuvieron un comportamiento similar en hojas de sorghum cultivar DK 44C, en el que la deficiencia de N se reflejó con un menor contenido de clorofila y una menor fotosíntesis, mostrando además una menor capacidad de crecimiento y producción de biomasa; la densidad de población de 11 plantas  $\text{m}^{-2}$  registró mayor número de hojas ( $P < 0.05$ ) en las semanas 3 a 8 (Apéndice A 41). El mayor número de hojas obtenido con la menor densidad de población, es debido a que a menor densidad

de población se obtuvo mayor diámetro de tallo (Apéndice A 25) y el diámetro de tallo en la presente investigación obtuvo correlación ( $P = 0.000$ ) con el número de hojas (Figura 19), en la que a mayor diámetro de tallo se obtuvo mayor número de hojas, coincidiendo con lo reportado por Volenec *et al.* (1996), quienes mencionaron que el tallo actúa como almacén de reserva de nutrientes.

El número de hojas por semana en promedio en APC2 durante el segundo período de crecimiento en el año 2014, registró de la semanas 1 a 7, aumentos en el número de hojas con 3.7 y 26.3 hojas, respectivamente (Apéndice A 41), en la semana 8 se obtuvo disminución en el número de hojas a 25.8 hojas (Figura 16). La disminución en el número de hojas está asociada a la falta de iluminación en la parte inferior de la planta (ver capítulo: Iluminación en el Cultivo de *M. oleifera* para Forraje). En este período (segundo en el año 2014) se obtuvo menor número máximo de hojas (Apéndice A 41) comparado con el período anterior (primero en el año 2014) (Apéndice A 40); sin embargo, en los períodos 1 y 2 durante el 2014 para APC2 obtuvieron 3.6 y 3.7 tallos, respectivamente, por lo que el mayor número de hojas durante el primer período, está asociado a las bajas temperaturas durante ese período, registrando en promedio 23.9 y 28.8 °C para los períodos 1 y 2, respectivamente (Apéndice A 40 y A 41).

En el tercer período del año 2014 en APC2 (del 03 de agosto del año 2014 al 05 de octubre del año 2014), el número de hojas registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo entre densidades de población, obteniendo el mayor número de hojas durante

todas las semanas evaluadas con la densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>, (Apéndice A 42). El mayor número de hojas obtenido con la menor densidad de población, es debido a que a menor densidad de población se obtuvo mayor diámetro de tallo (Apéndice A 26) y el diámetro de tallo en la presente investigación obtuvo correlación ( $P = 0.000$ ) con el número de hojas (Figura 19), en la que a mayor diámetro de tallo se obtuvo mayor número de hojas, coincidiendo con lo reportado por Volenec *et al.* (1996), quienes mencionan que el tallo de las plantas funciona como almacén de nitrógeno, el cual es utilizado en el rebrote después de cada cosecha; los niveles de fertilización y las variedades de *M. oleifera*, no registraron diferencia significativa ( $P > 0.05$ ), obteniendo un aumento de en el número de hojas en promedio de 8.4 a 25.6 hojas en las semanas 2 a 9, respectivamente (Apéndice A 42).

El número de hojas por semana en promedio en APC2 durante el tercer período de crecimiento en el año 2014, registró de las semanas 2 a 9 solo aumentos en el número de hojas, obteniendo de 8.4 a 25.6 hojas (Apéndice A 42), respectivamente; sin embargo, los mayores incrementos en el número de hojas por semana se registraron en las semanas 2 a 3 así como 3 a 4, con un incremento de 5.3 hojas en ambos períodos (Figura 16). En este período (tercero en el año 2014) se obtuvo menor número máximo de hojas (Apéndice A 42), comparado con el período anterior (segundo en el año 2014) (Apéndice A 41), debido a que en el segundo período se registraron 3.7 tallos de los cuales brotaron hojas, mientras que en el tercer período se tuvieron 3.1 tallos de los cuales brotaron hojas (Apéndice A 29), coincidiendo con lo registrado

en la correlación ( $P = 0.000$ ) de tallos y hojas (Figura 20) en la que a mayor número de tallos se obtuvo mayor número de hojas.

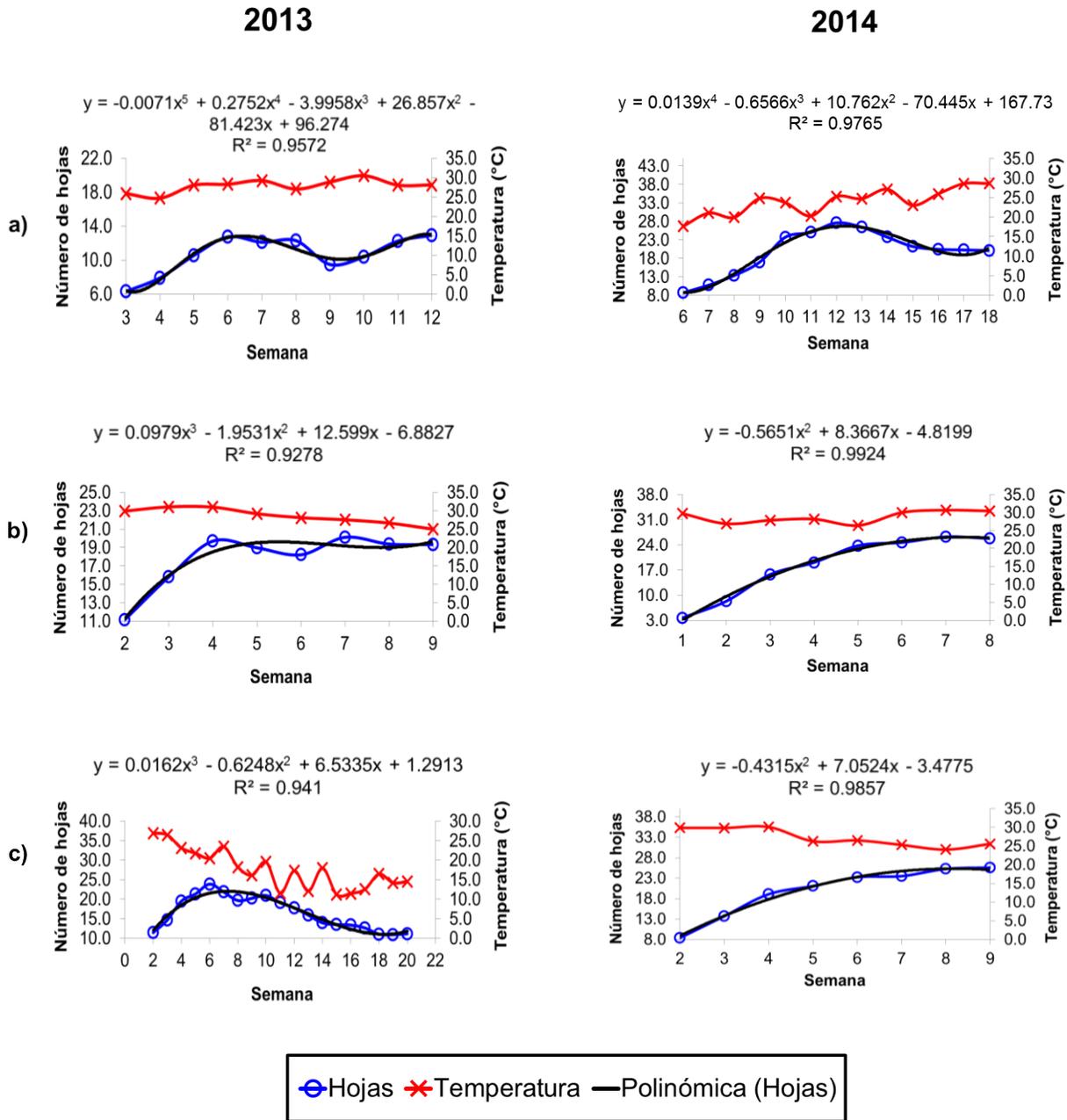


Figura 16. Número de hojas y temperatura ambiental media (°C) en altura de planta al corte promedio de 178.4 cm (APC2), evaluadas por semana durante los años 2013 y 2014. a) Primer período, en el año 2013, consistió del 22 de abril al 14 de julio (83 días con 27.9 °C promedio), en el año 2014, consistió del 02 de febrero al 08 de junio (126 días con 22.6 °C promedio); b) Segundo período, en el año 2013, consistió del 14 de julio al 15 de septiembre (63 días con 28.6 °C promedio), en el año 2014, el período consistió del 08 de junio al 03 de agosto (56 días con 28.8 °C promedio); c) Tercer período, en el año 2013, consistió del 15 de septiembre del año 2013 al 02 de febrero del 2014 (140 días con 17.6 °C promedio), en el año 2014, consistió del 03 de agosto al 05 de octubre (63 días con 27.2 °C promedio).

#### 4.3.6. Correlaciones en el desarrollo del cultivo

El desarrollo del cultivo de *M. oleifera* para forraje en promedio registró correlación ( $P = 0.000$ ) entre la altura de planta y el diámetro de tallo (Apéndice A 43), obteniendo un mayor diámetro de tallo a mayor altura de planta (Figura 17).

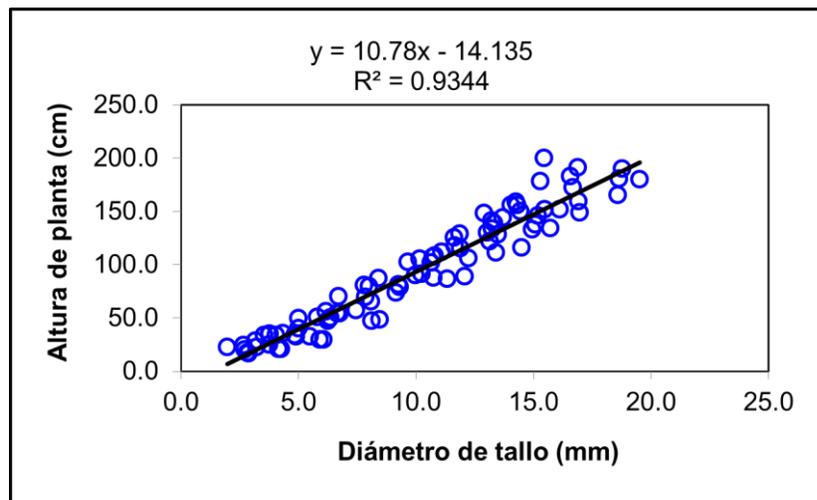


Figura 17. Altura de planta y diámetro de tallo en cultivo de *M. oleifera* para forraje.

El desarrollo del cultivo de *M. oleifera* para forraje en promedio registró correlación ( $P = 0.000$ ) entre la altura de planta y el número de hojas (Apéndice A 43), obteniendo un mayor número de hojas a mayor altura de planta; sin embargo, cuando la planta tiene una altura mayor a 100.0 cm presenta mucha variabilidad en el número de hojas, reduciendo así el valor de  $R^2$  (Figura 18). Esta variabilidad es debida al efecto de la densidad de población y a la iluminación, en la que al tener mayor densidad de población se obtuvo una menor iluminación ( $P < 0.05$ ) en la parte inferior de la planta

(Apéndice A 44), ocasionando la pérdida de hojas (ver capítulo: Número de hojas, en la sección de Medición del Desarrollo del Cultivo de *M. oleifera* para forraje).

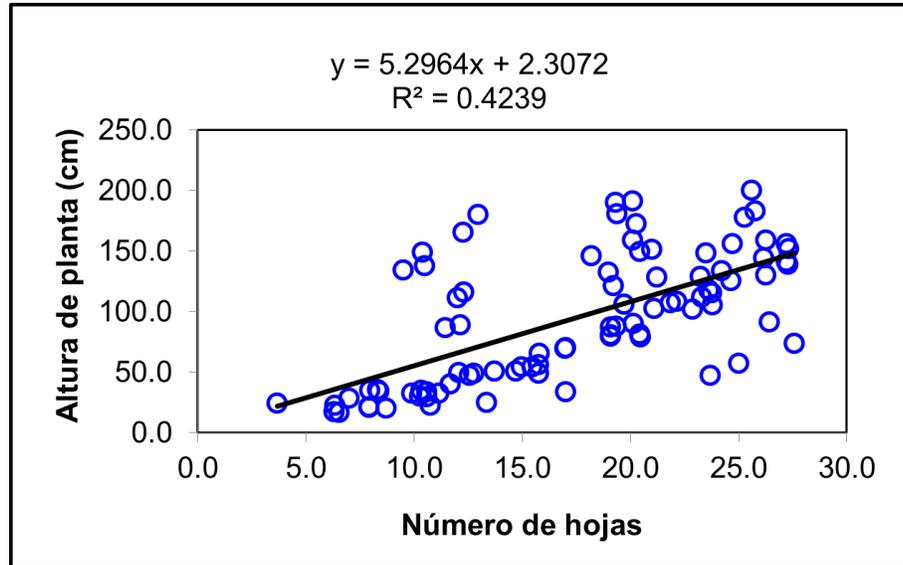


Figura 18. Altura de planta y número de hojas en cultivo de *M. oleifera* para forraje.

El desarrollo del cultivo de *M. oleifera* para forraje en promedio registró correlación ( $P = 0.000$ ) entre el número de hojas y diámetro de tallo (Apéndice A 43), obteniendo un efecto cuadrático en donde el número de hojas se incrementó conforme aumentó el diámetro de tallo, hasta obtener un máximo número de hojas de 21.9, con el diámetro de 12.7 mm (calculado por medio de la técnica de máximos y mínimos de una función), al incrementar más el diámetro de tallo, hay la tendencia de obtener menor número de hojas (Figura 19), este comportamiento es debido a la pérdida de hojas en la parte inferior de la planta asociado a la falta de iluminación (ver capítulo: Iluminación en el Cultivo de *M. oleifera* para Forraje).

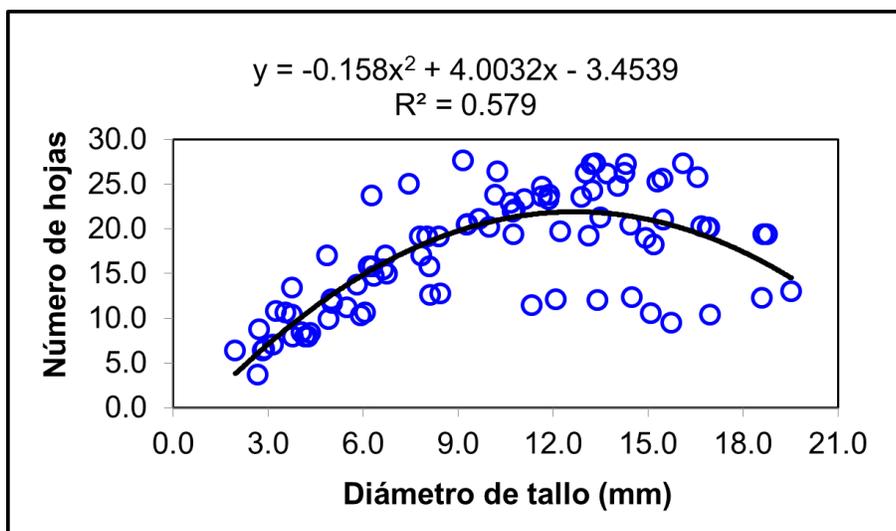


Figura 19. Número de hojas y diámetro de tallo en cultivo de *M. oleifera* para forraje.

El desarrollo del cultivo de *M. oleifera* para forraje en promedio registró correlación ( $P = 0.000$ ) entre el número de hojas y el número de tallos (Apéndice A 43), obteniendo un mayor número de hojas a mayor número de tallos; al incrementarse en número de tallos, aumentó además la variabilidad en el número de hojas, reduciendo así el valor de  $R^2$  (Figura 20).

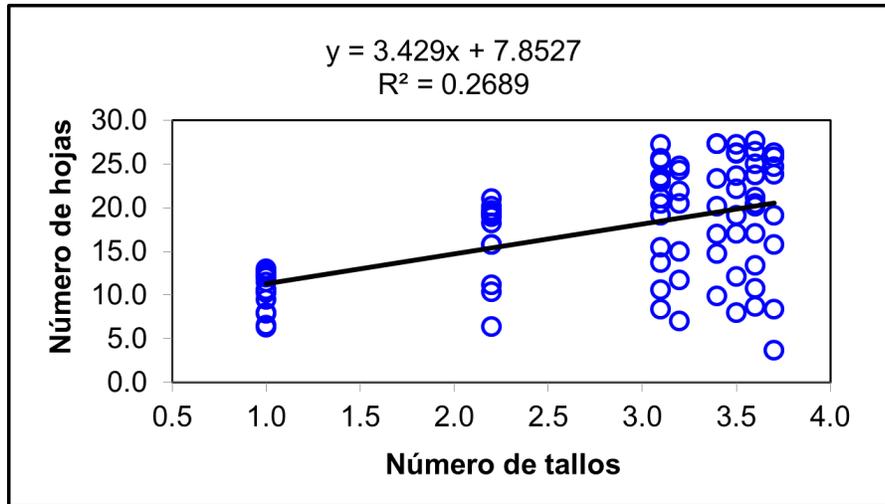


Figura 20. Número de hojas y número de tallos en cultivo de *M. oleifera* para forraje.

#### 4.4. Iluminación en el Cultivo de *M. oleifera* para Forraje

La iluminación en el cultivo de *M. oleifera* para forraje se evaluó en dos niveles de fertilización nitrogenada (0 y 400 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), dos variedades de *M. oleifera* (vaina corta y vaina larga), dos densidades de población (11 y 33 plantas m<sup>-2</sup>) y en cuatro alturas en las que se tomaron las lecturas (20.0, 40.0, 60.0 y 80.0 cm) cuando el cultivo registró una altura de planta de 100.0 cm.

Los niveles de fertilización registraron diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en la iluminación solo en las lecturas tomadas a 40.0 y 80.0 cm, obteniendo mayor iluminación en los tratamientos sin fertilización, es decir que en los tratamientos con fertilización se registró mayor cobertura foliar, evidenciándolo con lecturas de menor

iluminación (Apéndice A 44). Zhao *et al.* (2005), registraron que la deficiencia de N en las hojas de sorghum cultivar DK 44C se refleja con un menor contenido de clorofila y una menor fotosíntesis, mostrando además una menor capacidad de crecimiento y producción de biomasa.

Las variedades de *M. oleifera* registraron diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en la iluminación solo en la lectura tomada a 20.0 cm, obteniendo mayor iluminación en la variedad de vaina corta con 2.0 klx, es decir que la variedad de vaina larga registró mayor cobertura foliar y ocasionó una menor iluminación en la lectura tomada a 20 cm sobre el nivel del suelo, en las lecturas tomadas a 40.0, 60.0 y 80.0 cm no se registró diferencia significativa entre variedades, obteniendo en promedio 3.3, 6.7 y 15.4 klx, respectivamente (Apéndice A 44). Abubakar *et al.* 2011, encontraron que al Norte de Nigeria, las hojas de la *M. oleifera* tienen variaciones anatómicas y morfológicas, lo que sugiere que se pueden seleccionar plantas con las características más deseables del cultivo en cada región para obtener su óptimo aprovechamiento.

La densidad de población registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en la iluminación solo en la lectura tomada a 20.0 cm, obteniendo mayor iluminación en la densidad de 11 plantas  $m^{-2}$  (Apéndice A 44), es decir que en la densidad de 33 plantas  $m^{-2}$  se obtuvo menor iluminación debido al menor espacio entre plantas; sin embargo, en las lecturas tomadas a 40.0, 60.0 y 80.0 cm, no se registró diferencia significativa, obteniendo en promedio 3.3, 6.7 y 15.5 klx, respectivamente (Apéndice A 44). Goss (2012), registró que al utilizar una mayor densidad de población, obtuvo plantas con

tallos más delgados, es decir que obtuvo un mayor desarrollo individual de planta al utilizar una menor densidad de población, utilizando densidades de 1 a 20 plantas m<sup>-2</sup>, Nobel *et al.* (1975), registraron que el nivel de la iluminación durante el crecimiento en *Plectranthus parviflorus* tuvo influencia en la morfología interna de la hoja, obteniendo mayor grosor de hoja a mayor iluminación en un rango de 0 a 25 klx, además de incrementarse la tasa neta fotosintética.

La altura de las lecturas de iluminación en el cultivo de *M. oleífera* para forraje, registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ), obteniendo menor luz en la parte inferior de la planta, con 1.7, 3.3, 6.6 y 15.4 klx (Apéndice A 45) en las alturas respectivas de 20.0, 40.0, 60.0 y 80.0 cm (con una correlación de  $P = 0.000$  entre altura de lectura e iluminación; Figura 21). Las hojas con menor cantidad de iluminación (las hojas de la parte inferior de la planta) cambiaron la coloración de los folíolos de color verde a amarillo y posterior a ello, los folíolos amarillos se cayeron de la planta. Este comportamiento está asociado a la fotosíntesis como lo menciona Nobel *et al.* (1975), que a menor iluminación se obtiene una menor fotosíntesis, provocando esto a su vez la falta de clorofila en las hojas (Kura *et al.*, 1987).

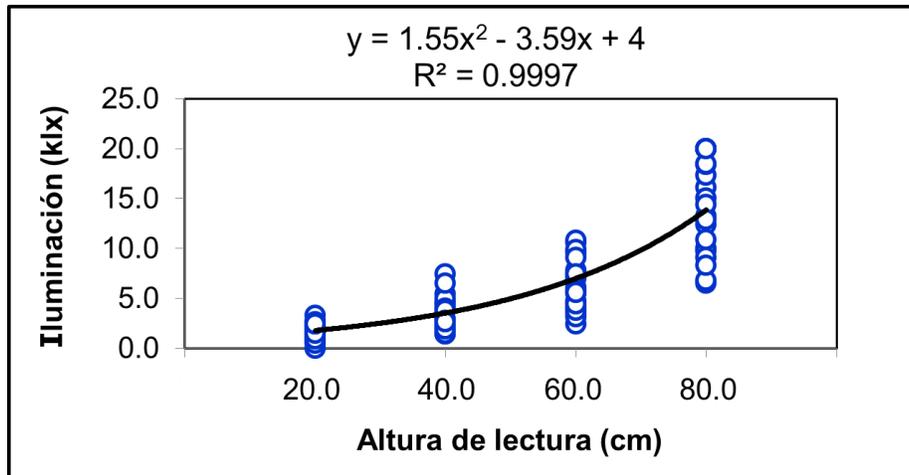


Figura 21. Iluminación en diversas alturas de lecturas sobre el nivel del suelo en cultivo de *M. oleifera* para forraje.

#### 4.5. Producción de Biomasa

La producción de biomasa fresca total (BFT) biomasa seca total (BST) y la relación tallo:hoja en el cultivo de *Moringa oleifera* para forraje, se evaluó durante dos años consecutivos (2013 y 2014), considerando dos niveles de fertilización nitrogenada (0 y 400 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), dos variedades de *M. oleifera* (vaina corta y vaina larga), dos densidades de población (11 y 33 plantas m<sup>-2</sup>) y dos alturas de planta al corte (145.7 y 178.4 cm).

##### 4.5.1. Producción de biomasa fresca

La producción de BFT registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre densidades de población solo en el primer año evaluado (2013), en el que en el primer período obtuvo

mayor producción de BFT la densidad de 33 plantas  $\text{m}^{-2}$  con  $35.5 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$ ; sin embargo, en el tercer período la mayor producción de BFT la obtuvo la densidad de 11 plantas  $\text{m}^{-2}$  con  $27.2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$  (Apéndice A 46), este comportamiento está asociado a la mortalidad y al número de tallos, debido a que en el tercer período se observó mayor ( $P < 0.05$ ) mortalidad en la densidad de 33 plantas  $\text{m}^{-2}$  (Apéndice A 52), además de un mayor número de tallos en la densidad de 11 plantas  $\text{m}^{-2}$  (Apéndice A 27). Reyes *et al.* (2006), concluyeron que pueden plantarse de 50 a 75 plantas  $\text{m}^{-2}$  en caso de no tener falta de humedad; sin embargo, la competencia entre plantas también se debe a la radiación solar (ver capítulo de iluminación en cultivo de *M. oleifera* para forraje).

La producción de BFT registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre alturas de planta al corte en todos los períodos evaluados en los dos años evaluados (2013 y 2014), obteniendo mayor BFT a mayor altura de planta (Apéndice A 46). En el período 3 del año 2013, las alturas obtenidas para APC1 y APC2 fueron de 151.8 y 126.2 cm, respectivamente, debido a que en APC2 se limitó el crecimiento por las bajas temperaturas ambientales (Figuras 9 y 10; Apéndice A 3 y A 10).

La producción de BFT en el presente estudio, no registró diferencia ( $P > 0.05$ ) entre variedades ni entre niveles de fertilización en ninguno de los períodos de los dos años evaluados, obteniendo un promedio de  $33.1 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$  (Apéndice A 46).

La producción de BFT, registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre períodos, obteniendo en APC1 y en el año 2013, mayor BFT en el período 2, con  $32.3 \text{ Mg ha}^{-1}$ , mientras que en el 2014, la mayor BFT se registró en el período 3, con  $32.1 \text{ Mg ha}^{-1}$  (Apéndice A 47); en APC2 solo se obtuvo diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en el primer año de evaluación (2013), en el que la mayor BFT se registró en el período 2, con  $45.5 \text{ Mg ha}^{-1}$ , mientras que en el 2014 no se registró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre períodos, obteniendo un promedio de  $39.6 \text{ Mg ha}^{-1}$  (Apéndice A 47). La diferencia del número de cortes en los dos años se debe a que en el segundo año, las plantas cosechadas procedían de rebrotes de la planta madre, mientras que en el primer año, el primer corte se realizó con plantas procedentes de las plantas trasplantadas con un único tallo.

Considerando las temperaturas y condiciones de crecimiento en las que se realizó el experimento, se puede generalizar que es posible obtener cuatro cortes (con altura de planta al corte de  $145.7 \text{ cm}$ ) de moringa forrajera por año en las partes bajas del estado de Nuevo León, con rendimientos promedio de forraje fresco de  $118.6 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  (Apéndice A 47). Reyes *et al.* (2006), registraron producciones de forraje fresco en el primer año de evaluación de  $71.4$ ,  $75.3$  y  $100.3 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , cosechando el forraje en períodos de  $45$ ,  $60$  y  $75$  días, respectivamente, mientras que en el segundo año de evaluación, registraron valores respectivos de  $26.7$ ,  $39.4$  y  $57.4 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , atribuyendo la disminución en la producción de forraje a una menor precipitación pluvial durante el segundo año.

#### 4.5.2. Producción de biomasa seca

La producción de BST en la presente investigación, no registró diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre niveles de fertilización ni entre variedades en ningún período durante los dos años evaluados, obteniendo en promedio  $4.6 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$  (Apéndice A 48), Zhao *et al.* (2005), registraron menor producción de biomasa seca en hojas y tallos del cultivo de *Sorghum* cultivar DK 44C, debida a la deficiencia de fertilización nitrogenada, por lo que en la presente investigación, el cultivo de *M. oleifera* no limitó la producción de biomasa seca debida a deficiencia por nitrógeno; sin embargo, se registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre densidades de población, solo en el primer período del primer año (2013), en la que la densidad de 33 plantas  $\text{m}^{-2}$  obtuvo mayor BST, con una producción de  $5.7 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$ , registrando una producción total de BST en el primer año de  $14.4$  y  $14.5 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  en las densidades de 11 y 33 plantas  $\text{m}^{-2}$ , mientras que en el segundo año obtuvieron  $18.0$  y  $17.5 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , respectivamente (Apéndice A 48). Mendieta *et al.* (2013), registraron  $11.6$  y  $21.2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , utilizando densidades de población de 10 y 17 plantas  $\text{m}^{-2}$ . En la presente investigación, la mayor producción de biomasa en la densidad de 11 plantas  $\text{m}^{-2}$  en el segundo año, está asociada a la mayor iluminación en la planta (Apéndice A 44) y ésta a su vez está asociada la fotosíntesis (Nobel *et al.*, 1975), incrementando el número de hojas, diámetro de tallo, altura de planta, número de tallos (ver capítulos: Número de hojas, Diámetro de tallo, Altura de planta, Número de tallos y Correlaciones en el desarrollo del cultivo, en la sección: Medición del Desarrollo del Cultivo de *M. oleifera* para Forraje), además de proveer a la raíz mayor cantidad de reservas para el

rebrote y de esta manera reflejando una menor mortalidad de plantas acentuada por las bajas temperaturas (ver capítulo: Mortalidad de Plantas de *M. oleifera* para Forraje), tal como lo mencionan Robison y Massengale (1968).

La producción de BST registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre alturas de planta al corte, obteniendo en el primer año mayor BST en la altura de 178.4 cm, una producción de  $6.7 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$ , en los períodos 1 y 2; en el período 3 no se registró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ), debido a la interrupción del crecimiento en la altura de 178.4 cm, ocasionada por el descenso en la temperatura ambiental inferior a  $15.0^\circ\text{C}$ , cosechando prematuramente (Figura 10) y obteniendo en promedio de las dos alturas  $3.6 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$  (Apéndice A 48). En el segundo año se registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en la producción de BST entre alturas de planta al corte, en los períodos 1, 2 y 3, obteniendo la mayor BST en la altura de 178.4 cm, con 6.0, 5.4 y  $5.1 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$ . La producción de BST en el primer año para las alturas de planta de 145.7 y 178.4 cm fue de 11.9 y  $17.0 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , mientras que en el segundo año fue de 14.9 y  $16.5 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , respectivamente (Apéndice A 48). Reyes *et al.* (2006), registraron también que a mayor altura de planta obtuvieron mayor ( $P < 0.05$ ) producción de BST, utilizando alturas de 84.5, 103.2 y 142.6 cm en el primer año así como 78.3, 99.8 y 150.5 cm en el segundo año, obteniendo una producción de BST respectiva de 13.5, 15.2 y  $24.7 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  en el primer año y en el segundo año con 4.7, 6.8 y  $10.4 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , mencionando que la disminución en la producción de BST en el segundo año fue debida a una menor precipitación pluvial en el segundo año.

La producción de Biomasa Seca Total (BST) registró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre períodos en los dos años evaluados en APC1 (Apéndice A 49), obteniendo mayores producciones en los primeros dos períodos en el primer año (2013), con 4.0 y 4.3 Mg ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup> en el año 2013, mientras que en el segundo año (2014), la menor producción se obtuvo en el período 3, con 3.3 Mg ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup>; la producción de BST en APC2 registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre períodos solo en el primer año (2013), obteniendo la mayor BST en los períodos 1 y 2, con 6.8 y 6.7 Mg ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup>, mientras que en el segundo año, no se registró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre períodos, obteniendo en promedio 5.5 Mg ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup>.

La producción de BST por año registrada en el primer año para APC1 y APC2, fue 11.8 y 17.0 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, respectivamente, mientras que en el segundo año se obtuvieron 14.9 y 16.4 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, respectivamente (Apéndice A 49); la mayor producción de BST en el segundo año para APC1, se debió a que en el primer año solo se obtuvieron tres cosechas, mientras que en el segundo año se registraron cuatro cosechas; la menor producción en el segundo año para APC2, está asociada a la mortalidad de plantas, obteniendo menor cantidad de plantas en el segundo año (ver capítulo: Mortalidad de Plantas de *M. oleifera* para Forraje); además, en el primer año se inició con el trasplante para APC1 y APC2 hasta el mes de abril. Reyes *et al.* (2006), obtuvo la mayor producción de BST en el primer año con 24.7 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, mientras que la mayor producción en el segundo año fue de 10.4 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, atribuyendo la disminución en la producción de BST a menor precipitación pluvial durante el segundo año. En la presente investigación se utilizó un sistema de riego por goteo, teniendo una

humedad constante entre 15 y 20 centibares durante los dos años evaluados, por lo que se obtuvo mayor producción de BST en el segundo año.

#### 4.5.3. Relación tallo: hoja

La relación tallo:hoja obtenida en gramos en base seca (g bs) no registró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre niveles de fertilización analizados como efecto principal, obteniendo en promedio de los dos años 2.1:1.0 g bs (Apéndice A 50); sin embargo, en interacción registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo en el segundo período del primer año evaluado, obteniendo una menor relación tallo:hoja (1.6:1.0 g bs) con la combinación de fertilización nitrogenada y la densidad de 11 plantas  $m^{-2}$ . Mendieta *et al.* (2013), registraron relaciones de fracción gruesa: fina con valores de 1.8:1.0, 1.7:1.0, 1.8:1.0 y 1.7:1.0 al evaluar dosis de fertilización nitrogenada de 0, 261, 521 y 782 kg de N  $ha^{-1}$  año $^{-1}$ , respectivamente.

Las variedades no registraron diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) analizadas como efecto principal en la relación tallo:hoja (Apéndice A 50); sin embargo, en la interacción de variedad con altura de planta registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo en el primer año y en el segundo período, obteniendo una menor relación tallo:hoja (1.6:1.0 g bs) la combinación de variedad vaina larga con la altura de 178.4 cm. Abubakar *et al.* (2011), encontraron que al Norte de Nigeria, las hojas de la *M. oleifera* obtuvieron variaciones anatómicas y morfológicas, sugiriendo que se pueden seleccionar plantas con las características deseables en cada región, para mejorar el cultivo, por lo que en

la presente investigación trata sobre una alternativa de forraje con alto contenido de proteína y la mayor concentración de proteína en el forraje se encuentra en las hojas, es deseable obtener para éste propósito una menor relación tallo:hoja.

Las densidades de población obtuvieron diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en la relación tallo:hoja solo en el primer año y en el segundo período, obteniendo la mayor relación en la densidad de 33 plantas  $m^{-2}$  con 1.7:1.0 g bs; en el segundo no se registró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ), obteniendo un promedio de 2.1:1.0 g bs. (Apéndice A 50). La mayor relación tallo hoja en la mayor densidad de población está asociada a la falta de iluminación en las plantas (ver capítulo de iluminación en cultivo de *M. oleífera* para forraje), ocasionando plantas con menor altura, diámetro de tallo, número de tallos y número de hojas (ver capítulos: Altura de planta, Diámetro de tallo, Número de tallos, Número de hojas y Correlaciones en el desarrollo del cultivo, en la sección: Medición del Desarrollo del Cultivo de *M. oleífera* para Forraje).

La altura de planta al corte registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en la relación tallo:hoja, obteniendo la diferencia en el primer año (2013) solo en los períodos 1 y 3, con mayor relación en la altura de planta al corte de 178.4 cm, con una relación de 2.4:1.0 y 3.0:1.0 g bs, respectivamente; mientras que en el segundo año (2014), la diferencia se obtuvo en los períodos 1, 2 y 3, con mayor relación tallo:hoja en la altura de 178.4 cm, registrando 2.8:1.0, 2.2:1.0 y 2.2:1.0 g bs (Apéndice A 50).

La relación tallo:hoja en APC1 en el primer año (2013), no registró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre períodos, obteniendo en promedio 1.8:1.0 g bs; sin embargo, en el segundo año (2014), si registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre períodos, obteniendo la menor relación en el período 2, con 1.5:1.0 g bs (Apéndice A 51); La relación tallo:hoja en APC2 registró diferencia significativa en los dos años evaluados, obteniendo la mayor relación en el primer año (2013) en el tercer período con 3.1:1.0 g bs, mientras que en el segundo año (2014), la mayor relación se obtuvo en el período 1, registrando 2.8:1.0 g bs (Apéndice A 51). La relación tallo:hoja está asociada a la temperatura media ambiental, ya que en los períodos en que se registraron las temperaturas menores durante el estudio (Figuras 9 y 10), se obtuvieron las mayores relaciones tallo:hoja (Apéndice A 51).

#### **4.6. Mortalidad de Plantas de *M. oleifera* para Forraje**

La mortalidad en plantas de *M. oleifera* para forraje se evaluó durante dos años consecutivos (2013 y 2014) en dos niveles de fertilización nitrogenada (0 y 400 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), dos variedades de *M. oleifera* (vaina corta y vaina larga), dos densidades de población (11 y 33 plantas m<sup>-2</sup>) y dos alturas de planta al corte (145.7 y 178.4 cm).

La mortalidad no registró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre niveles de fertilización en ninguno de los períodos evaluados durante el experimento, obteniendo un promedio de 14.7 %; sin embargo, las variedades si obtuvieron diferencia significativa ( $P < 0.05$ ), registrada solo en el período intermedio entre los años 2013 y

2014, así como en el período 3 del segundo año (2014), obteniendo mayor mortalidad la variedad de vaina larga con 28.9 y 22.2 %, respectivamente (Apéndice A 52). Abubakar *et al.* (2011), encontraron que al Norte de Nigeria, las hojas de la *M. oleifera* obtuvieron variaciones anatómicas y morfológicas, sugiriendo que se pueden seleccionar plantas con las características deseables en cada región, para mejorar el cultivo, por lo que en la presente investigación las plantas con menor mortalidad (resistentes) son más deseables.

Las densidades de población registraron diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en la mortalidad, obteniendo la diferencia en el primer año (2013) solo en los períodos 2 y 3 con mayor mortalidad en la densidad de 33 plantas  $m^{-2}$ , con valores de 10.8 y 21.4 % (Apéndice A 52), mientras que en el segundo año (2014) la diferencia ( $P < 0.05$ ) se obtuvo en todos los períodos evaluados y con la misma tendencia, es decir que a mayor densidad de población se obtuvo mayor mortalidad de plantas (Apéndice A 52). Robison y Massengale (1968), obtuvieron una mayor mortalidad a mayor densidad de población en cultivo de *Medicago sativa* L. cultivar 'Moapa', atribuyendo a que las plantas con menor densidad de población tienen mayor actividad fotosintética debida a un mayor índice de área foliar, proveyendo de nutrientes a la raíz y favoreciendo el rebrote. En la presente investigación se obtuvo mayor diámetro de tallo a menor densidad de población (ver capítulo: "Diámetro de tallo" en la sección: "Medición del Desarrollo del Cultivo de *M. oleifera* para forraje") y el diámetro de tallo registró correlación ( $P = 0.000$ ) con el número de hojas (Figura 19), en el que a mayor diámetro de tallo se obtuvo mayor número de hojas, provocando éstas una mayor actividad

fotosintética que provee de nutrientes a la raíz y favorece el rebrote posterior a la cosecha, obteniendo así una menor mortalidad tal como lo mencionan Robison y Massengale (1968).

La altura de planta registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en mortalidad, obteniendo la diferencia en el primer año solo en los períodos 2 y 3, con mayor mortalidad en las plantas cosechadas a menor altura (145.7 cm), con valores de 9.6 y 18.5 %, respectivamente (Apéndice A 52), mientras que en el segundo año (2014) la diferencia se registró solo en el tercer período y con la misma tendencia, es decir que a menor altura de planta se obtuvo mayor mortalidad (Apéndice A 52). La menor mortalidad a mayor altura de planta está asociada al mayor contenido de lignina (ver capítulo: Contenido de lignina, en la sección de Análisis Bromatológico en Forraje de *M. oleifera*), ya que ésta le confiere mayor resistencia tanto contra factores bióticos como a factores abióticos, ofreciendo estabilidad mecánica a las plantas tal como lo menciona Frei (2013). Además, en la presente investigación se obtuvo correlación ( $P = 0.000$ ) entre la altura de planta y el diámetro de tallo, así como el diámetro de tallo y el número de hojas, obteniendo a mayor altura de planta mayor diámetro de tallo (Figura 17) y a mayor diámetro de tallo se obtuvo mayor número de hojas (Figura 19), provocando éstas una mayor actividad fotosintética que provee de nutrientes a la raíz y favorece el rebrote posterior a la cosecha, obteniendo así una menor mortalidad tal como lo mencionan Robison y Massengale (1968).

La mortalidad de plantas entre períodos, registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo durante el primer año, obteniendo la mayor mortalidad en el tercer período con 18.5 y 11.0 % para APC1 y APC2, respectivamente (Apéndice A 53); debido a que la mortalidad se evaluó en el rebrote posterior a cada cosecha, en el tercer período del primer año de evaluación del cultivo (2013) se obtuvieron las temperaturas más frías registradas durante el experimento para APC2 (17.6 °C en promedio) (Figura 10), mientras que para APC1 el período con las temperaturas más fría fue el período intermedio entre los años 2013 y 2014 (18.6 °C en promedio) (Figura 9), coincidiendo con lo reportado por Robison y Massengale (1968), que obtuvieron una mayor capacidad de rebrote en períodos de mayor temperatura ambiental en cultivo de *Medicago sativa* L. cultivar 'Moapa', atribuyendo este comportamiento a una mayor fotosíntesis y una mayor cantidad de reservas en la raíz que serán utilizadas en el rebrote, comparada con la obtenida en períodos de menor temperatura; en el segundo año no se registró diferencia significativa entre períodos, obteniendo en promedio 20.7 y 15.6 % de mortalidad en APC1 y APC2, respectivamente (Apéndice A 53).

Las plantas de *M. oleifera* fueron afectadas en la mortalidad además por el gusano gallina ciega (*Phyllophaga* spp.), observándose el daño en el rebrote de cada cosecha, reponiendo las plantas faltantes con plantas nuevas por medio de trasplante después de cada cosecha, en las que se presentaron daños causados por conejos, reponiéndose nuevamente después de la siguiente cosecha. Mendieta *et al.* (2013), registraron una mortalidad de 0.37% en el cultivo de *M. oleifera*, debido a la termita (*Heterotermes aureus* Snyder). Lezcano *et al.* (2014), reportaron que el cultivo de *M.*

*oleifera* es afectado también por enfermedades fungosas. Palada y Chang (2003), mencionan que el cultivo de *M. oleifera* es propenso a diversas plagas, por lo que recomiendan realizar prácticas de control de plagas.

#### **4.7. Análisis Bromatológico en Forraje de *M. oleifera***

El análisis bromatológico en forraje de *M. oleifera* se evaluó en dos niveles de fertilización nitrogenada (0 y 400 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), dos variedades de *M. oleifera* (vaina corta y vaina larga), dos densidades de población (11 y 33 plantas m<sup>-2</sup>) y dos alturas de planta al corte (145.7 y 178.4 cm).

##### **4.7.1. Contenido de proteína cruda**

El contenido de proteína cruda (PC) en el forraje de *M. oleifera*, registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo para los factores: variedad y altura de planta al corte, obteniendo mayor PC la variedad de vaina larga, con 155.5 g kg<sup>-1</sup> bs (Apéndice A 54). Abubakar *et al.* (2011), encontraron que al Norte de Nigeria, las hojas de la *M. oleifera* obtuvieron variaciones anatómicas y morfológicas, sugiriendo que se pueden seleccionar plantas con las características deseables en cada región, para mejorar el cultivo, por lo que en la presente investigación y en este contexto, la variedad de vaina larga es preferible debido al mayor contenido de PC. La altura de planta al corte de 145.7 cm obtuvo mayor contenido de PC, con 158.4 g kg<sup>-1</sup> bs (Apéndice A 54). Reyes *et al.* (2006), reportaron valores de proteína cruda de 226.3, 228.9 y 222.5 g kg<sup>-1</sup> bs en

cortes realizados a los 84.5, 103.2 y 142.6 cm de altura. El mayor contenido de proteína en la investigación de Reyes *et al.* (2006), es debido a que solo analizaron la fracción fina, comprendida de hojas, pecíolos y tallos con un diámetro menor a 5 mm.

En la presente investigación, los niveles de fertilización y las densidades de población no registraron diferencia significativa ( $P > 0.05$ ), obteniendo un promedio de  $148.0 \text{ g kg}^{-1} \text{ bs}$  (Apéndice A 54). Mendieta *et al.* (2013), tampoco obtuvieron diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) en el contenido de PC en la fracción fina (hojas, pecíolos y tallos con diámetro igual o inferior a 5 mm) ni en la fracción gruesa (tallos con diámetro mayor a 5 mm) de forraje de *M. oleifera*, al utilizar las densidades de población de 10 y 17 plantas  $\text{m}^{-2}$ ; sin embargo, obtuvieron diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre niveles de fertilización solo en la fracción gruesa, registrando valores de 71.7, 76.0, 87.9 y  $93.7 \text{ g kg}^{-1} \text{ bs}$ , al fertilizar con 0, 261, 521 y  $782 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , respectivamente, mientras que en la fracción fina obtuvieron 272.7, 279.2, 280.7 y  $271.1 \text{ g kg}^{-1} \text{ bs}$ , respectivamente, por lo que utilizando la media ponderada, en relación a la fracción fina y fracción gruesa en el forraje de *M. oleifera* del experimento de Mendieta *et al.* (2013), se obtienen 143.5, 151.3, 156.8 y  $159.4 \text{ g kg}^{-1} \text{ bs}$  de PC, registrando valores similares a los de la presente investigación.

En otros forrajes como el de Sorgo (*Sorghum sudanense*), zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris*) y Pretoria (*Dichanthium annulatum*), se tienen valores de proteína cruda de 63.9, 87.0 y  $48.0 \text{ g kg}^{-1} \text{ bs}$ , respectivamente (Aganga and Autlweste, 2000; Ramírez, 2007). El contenido de proteína en un forraje es importante debido a que se encuentra

en todas las células vivas, por lo que para obtener un animal sin deficiencias asociadas a falta de proteína, se le tiene que ofrecer en la alimentación la cantidad adecuada de proteína (NRC, 2001; Pond *et al.*, 2005; Church *et al.*, 2006 y Ramírez, 2007). Bohnert *et al.* (2002), mencionan que un forraje con un contenido de PC menor a 60 g kg<sup>-1</sup> bs, es un forraje de baja calidad, por lo que el forraje de *M. oleifera* en la presente investigación, dentro del valor promedio, supera dicha cantidad, considerándolo como un forraje de buena calidad.

#### **4.7.2. Contenido de fibra detergente neutro**

El contenido de fibra detergente neutro (FDN) en forraje de *M. oleifera*, no registró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre niveles de fertilización, variedades de *M. oleifera*, ni densidades de población, obteniendo en promedio 453.9 g kg<sup>-1</sup> bs; sin embargo, se registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre alturas de planta al corte, obteniendo mayor contenido de FDN la altura de 178.4 cm, con 472.8 g kg<sup>-1</sup> bs (Apéndice A 54). Reyes *et al.* (2006), reportaron diferencia significativa en el contenido de FDN, utilizando alturas de 85, 103 y 143 cm, con valores respectivos de 321.2, 289.0 y 307.5 g kg<sup>-1</sup> bs. El menor contenido de FDN en alturas similares de plantas registradas por Reyes *et al.* (2006), es debido a que solo utilizaron la fracción fina (hojas, pecíolos y tallos con diámetro menor a 5 mm) del forraje de *M. oleifera*. El contenido de FDN es parcialmente digestible dependiendo de las especies de forrajes y estado de madurez, utilizando la relación de FND en el contenido de forraje para predecir el consumo, de tal forma que forrajes con alto contenido FND se disminuye el

consumo (Stokes y Prostko, 1914 y Ramírez, 2007). En otros forrajes como el de Sorgo (*Sorghum sudanense*), zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris*) y Pretoria (*Dichanthium annulatum*), se tienen valores de FDN de 582, 710 y 760 g kg<sup>-1</sup> bs, respectivamente (Aganga y Autlweste, 2000 y Ramírez, 2007).

#### 4.7.3. Contenido de fibra detergente ácido

El contenido de fibra detergente ácido (FDA) en forraje de *M. oleífera*, registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo en altura de planta al corte, obteniendo mayor FDA en la altura de 178.4 cm, con 380.7 g kg<sup>-1</sup> bs (Apéndice A 54); los niveles de fertilización, las variedades de *M. oleífera* y las densidades de población, no registraron diferencia significativa ( $P > 0.05$ ), obteniendo en promedio 367.5 g kg<sup>-1</sup> bs (Apéndice A 54). Reyes *et al.* (2006), no obtuvieron diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) en FDA con valores de 227.6, 203.1 y 225.1 g kg<sup>-1</sup> bs en alturas de planta correspondientes a 85, 103 y 143 cm. El menor contenido de FDA en alturas similares de plantas registradas por Reyes *et al.* (2006), es debido a que solo utilizaron la fracción fina (hojas, pecíolos y tallos con diámetro menor a 5 mm) del forraje de *M. oleífera*. La FDA es una subfracción de la pared celular y dado que los polisacáridos más solubles y nutricionalmente disponibles de la pared son retirados, la diferencia entre el valor de las paredes celulares y la fibra ácido detergente, da una estimación de la hemicelulosa y debido a que experimentos en laboratorio y en animales han mostrado que los incrementos en FDA disminuyen la digestión de la fibra, los valores deseables de FDA

en los pastos son preferentemente bajos (Stokes y Prostko, 1914; Barnes *et al.*, 2007 y Ramírez, 2007).

#### 4.7.4. Contenido de lignina

El contenido de lignina en forraje de *M. oleifera*, registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo en la altura de planta al corte; obteniendo el mayor contenido de lignina en la altura de 178.4 cm, con 76.0 g kg<sup>-1</sup> bs (Apéndice A 54); los niveles de fertilización, las variedades y las densidades no registraron diferencia significativa, obteniendo en promedio 73.5 g kg<sup>-1</sup> bs (Apéndice A 54). Mendieta *et al.* (2013), registraron contenidos de lignina en forraje de *M. oleifera* de 78.5, 81.9, 85.3, 83.2 g kg<sup>-1</sup> bs (con una altura de planta promedio de 119 cm y correspondientes a tratamientos con 0, 261, 521 y 782 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) en la fracción fina (hojas, pecíolos y tallos suaves igual o menores a 5 mm de diámetro), mientras que en la fracción gruesa (tallos con diámetro mayor a 5 mm) registraron valores de 111.3, 108.1, 109.2, 106.6 g kg<sup>-1</sup> bs; si tiene una relación de materia seca en fracción gruesa-fina de 1.8:1.0 g bs, al usar los valores de lignina, en la media ponderada resultan valores de lignina para forraje mixto de 99.6, 98.7, 100.7 y 98.2 g kg<sup>-1</sup> bs, correspondientes a los tratamientos con 0, 261, 521 y 782 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, obteniendo de esta forma contenidos mayores de lignina que en el presente experimento y esto puede estar relacionado con el contenido de humedad disponible en el suelo, tal como lo mencionan Ramírez *et al.* (2004), ya que en la presente investigación se utilizó riego por goteo (ver capítulo: Instalación del Sistema de Riego).

La lignina es un polímero formado de monolignoles derivados de la vía fenilpropanoide de las plantas vasculares. Se deposita en paredes celulares como parte del proceso de maduración de la célula, interfiriendo con la digestión de los polisacáridos de la pared celular al actuar como barrera física para las enzimas microbianas, obteniendo que a menor contenido de lignina mejor será aprovechado el forraje por los animales (Ramírez, 2007 y Frei, 2013). Otros forrajes como el pasto de *Cenchrus ciliaris*, Común y el Nueces, colectados en Marín, Nuevo León, México, contienen 60 g kg<sup>-1</sup> bs de lignina en base seca, en la media anual, mientras que el forraje de *Dichanthium annulatum* registró un contenido de lignina de 70 g kg<sup>-1</sup> bs (Ramírez, 2007).

#### **4.7.5. Contenido de proteína cruda en fibra detergente neutro**

El contenido de proteína cruda en fibra detergente neutro (PC FDN) en forraje de *M. oleifera*, registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo entre variedades, obteniendo mayor contenido de PC FDN la variedad de vaina larga con 19.8 g kg<sup>-1</sup> bs (Apéndice A 54); los niveles de fertilización, las densidades de población y las alturas de planta al corte obtuvieron en promedio 16.9 g kg<sup>-1</sup> bs (Apéndice A 54). Guevara *et al.* (2011), registraron un contenido de 60.8 g kg<sup>-1</sup> bs de proteína cruda en FDN, en alfalfa (*Medicago sativa*). El nitrógeno en la fibra detergente neutro (NDIN) es el nitrógeno contenido en la pared celular disponible, considerando la fracción de NDIN-ADIN (nitrógeno en fibra detergente ácido) como nitrógeno de degradación lenta (Guada, 1996; Coblenz *et al.*, 1999 y Barnes *et al.*, 2007).

#### 4.7.6. Contenido de proteína cruda en fibra detergente ácido

El contenido de proteína cruda en fibra detergente ácido (PC FDA) en forraje de *M. oleifera*, registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo entre variedades y altura de planta al corte, obteniendo el mayor contenido de PC FDA la variedad de vaina larga con  $16.5 \text{ g kg}^{-1} \text{ bs}$  (Apéndice A 54); la altura de planta al corte que registró mayor contenido de PC FDA fue la de  $145.7 \text{ cm}$ , con  $17.0 \text{ g kg}^{-1} \text{ bs}$  (Apéndice A 54); los niveles de fertilización, las densidades de población y las interacciones, no registraron diferencia significativa ( $P > 0.05$ ), obteniendo en promedio  $13.8 \text{ g kg}^{-1} \text{ bs}$  (Apéndice A 54). Guevara *et al.* (2011), registraron en alfalfa (*Medicago sativa*)  $20.3 \text{ g kg}^{-1} \text{ bs}$  de proteína cruda en FDA. Nakamura *et al.* (1994), registraron  $1.2 \%$  de nitrógeno en FDA, del nitrógeno total en harina de soya. En la presente investigación corresponde a  $1.3$  y  $1.7 \%$  para vaina corta y larga, respectivamente, así como  $1.7$  y  $1.2 \%$  en las alturas de planta al corte de  $145.7$  y  $178.4 \text{ cm}$ , respectivamente, de nitrógeno en FDA, del nitrógeno total en el forraje de *M. oleifera*. Nakamura *et al.* (1994), realizaron un experimento en el que determinaron el nitrógeno en fibra detergente ácido (ADIN) en diversas fuentes de proteínas, obteniendo que existen diferencias en el contenido de ADIN entre fuentes de proteínas, mencionando además, que si se asume el contenido de ADIN como indigestible, ocasiona subestimar la digestibilidad del nitrógeno, dado que en el experimento realizado, obtuvieron  $58 \%$  de digestibilidad en las muestras de ADIN.

#### 4.7.7. Contenido de proteína cruda en lignina

El contenido de proteína cruda en lignina en forraje de *M. oleifera*, registró diferencia significativa solo ( $P < 0.05$ ) en altura de planta al corte, obteniendo mayor contenido la altura de 145.7 cm, con  $4.6 \text{ g kg}^{-1} \text{ bs}$  (Apéndice A 54); los niveles de fertilización, las variedades, las densidades de población y las interacciones, no registraron diferencia significativa ( $P > 0.05$ ), obteniendo un promedio de  $4.2 \text{ g kg}^{-1} \text{ bs}$  (Apéndice A 54). El nitrógeno ligado a lignina es indegradable para los animales, por lo que valores bajos de nitrógeno en lignina son deseables. Guada (1996), lo cataloga como ADIN; sin embargo, Nakamura *et al.* (1994), registraron 58 % de digestibilidad de ADIN, demostrando que el nitrógeno encontrado en ADIN es parcialmente soluble, por lo que en la presente investigación se tomó como referencia el nitrógeno ligado a lignina para asociarlo con el nitrógeno no disponible.

#### 4.7.8. Contenido de cenizas

El contenido de cenizas en forraje de *M. oleifera*, registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo entre variedades, obteniendo el mayor contenido la variedad de vaina larga con  $116.5 \text{ g kg}^{-1} \text{ bs}$  (Apéndice A 54); los niveles de fertilización, las densidades de población y las alturas de planta al corte, no registraron diferencia significativa ( $P > 0.05$ ), obteniendo en promedio  $112.4 \text{ g kg}^{-1} \text{ bs}$  (Apéndice A 54) (ver contenido de elementos en hojas y tallos de *M. oleifera*, así como las condiciones del suelo en que se desarrolló el cultivo en: Apéndice A 57, A 58, A 59 y A 60, respectivamente). Reyes

*et al.* (2006), reportaron un contenido de cenizas de 96.7, 90.8 y 97.1 g kg<sup>-1</sup> bs en alturas de planta correspondientes a 78.3, 99.8 y 150.5 cm. En la presente investigación se registró un contenido mayor de cenizas, respecto al publicado por Reyes *et al.* (2006), el motivo pudiera estar asociado con la variedad, ya que en la presente investigación, se encontró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en el contenido de cenizas entre variedades. El contenido de cenizas en el forraje está asociado al contenido de minerales que tiene, por lo que los valores mayores de cenizas son deseables (Church *et al.*, 2006).

#### **4.8. Análisis Bromatológico en Hojas y Tallos de *M. oleífera***

El análisis bromatológico en hojas y tallos de *M. oleífera* se evaluó en dos niveles de fertilización nitrogenada (0 y 400 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), dos variedades de *M. oleífera* (vaina corta y vaina larga), dos densidades de población (11 y 33 plantas m<sup>-2</sup>) y dos alturas de planta al corte (145.7 y 178.4 cm).

##### **4.8.1. Contenido de proteína cruda en hojas**

El contenido de proteína cruda en las hojas registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo en la altura de planta al corte, obteniendo mayor contenido en la altura de 145.7 cm, con 263.4 g kg<sup>-1</sup> bs (Apéndice A 55); los niveles de fertilización, las variedades y las densidades de población, no registraron diferencia significativa ( $P > 0.05$ ), obteniendo en promedio 254.3 g kg<sup>-1</sup> bs (Apéndice A 55). Bamishaiye *et al.* (2011),

reportaron que hojas de *M. oleifera* más maduras tienen mayor contenido de proteína cruda (276.1, 237.0 y 280.8 g kg<sup>-1</sup> bs, utilizando 10, 15 y 20 semanas de crecimiento de las hojas); sin embargo, en la presente investigación, se utilizaron todas las hojas que tenía la planta en cada altura de planta cosechada, para la obtención de la muestra analizada. Reyes *et al.* (2006), no encontraron diferencia significativa en el contenido de PC al cosechar biomasa de *M. oleifera* con 40, 60 y 75 días de rebrote, registrando un promedio de 219.7 g kg<sup>-1</sup> bs en la fracción fina (hojas pecíolos y tallos con diámetro menor a 5 mm).

#### **4.8.2. Contenido de proteína cruda en tallos**

El contenido de proteína cruda (PC) en los tallos registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo entre variedades de *M. oleifera* y alturas de planta al corte; la variedad de vaina larga obtuvo el mayor contenido de PC con 81.5 g kg<sup>-1</sup> bs (Apéndice A 55); la altura de planta al corte de 145.7 cm, obtuvo el mayor contenido de PC, con 85.8 g kg<sup>-1</sup> bs (Apéndice A 55); los niveles de fertilización y las densidades de población no registraron diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en el contenido de PC en los tallos, obteniendo un promedio de 78.2 g kg<sup>-1</sup> bs (Apéndice A 55). Mendieta *et al.* (2013), obtuvieron diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en el contenido de PC en la fracción gruesa (tallos con diámetro mayor a 5 mm) de *M. oleifera*, al fertilizar con 0, 261, 521 y 782 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, obteniendo los valores respectivos de 71.7, 76.0, 87.9 y 93.7 g kg<sup>-1</sup> bs. La diferente respuesta del cultivo a la fertilización en el contenido de proteína cruda entre investigaciones, puede estar asociado a la fuente de fertilización, ya que

Mendieta *et al.* (2013), utilizaron urea como fuente de nitrógeno, mientras que en la presente investigación se utilizó sulfato de amonio, coincidiendo con lo reportado por Atanasova (2008), que obtuvo diferencia significativa en el contenido de nitrógeno no proteico en hojas de *Brassica oleracea* var. capitata, al utilizar niveles de fertilización con nitrato de amonio y nitrato de calcio, a razón de 250, 500, 750 y 1000 mg kg<sup>-1</sup> de suelo, obteniendo 7.2, 8.2, 11.4 y 12.8 g kg<sup>-1</sup>, así como 4.6, 8.6, 5.8 y 18.4 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente; sin embargo, en otras investigaciones se han reportado efectos nulos de la fertilización nitrogenada, tal como lo reportado por Welch *et al.* (1973), quienes no obtuvieron efecto de la fertilización nitrogenada en cultivo de soya, por lo que no representa un factor limitante en el crecimiento de ese cultivo en Illinois.

#### 4.8.3. Nitrógeno no proteico en hojas

El contenido de nitrógeno no proteico en las hojas de *M. oleifera*, registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo entre alturas de planta al corte, obteniendo mayor contenido en la altura de 145.7 cm, con 56.7 g kg<sup>-1</sup> bs (Apéndice A 55); los niveles de fertilización, las variedades y las densidades de población, no registraron diferencia significativa ( $P > 0.05$ ), obteniendo en promedio 39.9 g kg<sup>-1</sup> bs (Apéndice A 55). Broderick *et al.* (1993), reportaron un contenido de 93.3 g kg<sup>-1</sup> bs de nitrógeno no proteico en ensilado de alfalfa (*Medicago sativa*); sin embargo, Guevara *et al.* (2011), registraron 143.8 g kg<sup>-1</sup> bs de nitrógeno no proteico en forraje de alfalfa (*Medicago sativa*). Atanasova (2008), registró diferencia significativa en el contenido de nitrógeno no proteico en hojas de *Brassica oleracea* var. capitata, al utilizar niveles de fertilización con nitrato de amonio y

nitrate de calcio, a razón de 250, 500, 750 y 1000 mg kg<sup>-1</sup> de suelo, obteniendo 7.2, 8.2, 11.4 y 12.8 g kg<sup>-1</sup>, así como 4.6, 8.6, 5.8 y 18.4 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, por lo que en comparación con el presente estudio en el que no se registró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) en el contenido de nitrógeno no proteico en hojas de *M. oleifera*, entre niveles de fertilización, puede estar asociado a la fuente de fertilización, debido a que se utilizó como fuente de nitrógeno el sulfato de amonio, además de que como son cultivos distintos entre investigaciones, pueden registrar respuestas diferentes a la fertilización, tal como lo menciona Mengel (1983), que la respuesta de los cultivos a la fertilización no solo depende de la disponibilidad de nutrientes en el suelo para la planta, sino que además está asociada a la fisiología y morfología de cada cultivo.

Parte del Nitrógeno en los alimentos se llama nitrógeno no proteico (NNP) debido a que el nitrógeno no se encuentra formando parte de la estructura de una proteína, tal como el caso del amoníaco, urea, aminos, ácidos nucleicos, entre otros; estas formas de nitrógeno no tienen valor nutritivo para los animales de estómago sencillo, por lo que si la finalidad de las hojas de *M. oleifera* es para alimentar a no rumiantes, el menor contenido de NNP es deseable; sin embargo, en el caso de utilizar las hojas de *M. oleifera* en rumiantes, éstos pueden utilizar las bacterias del rumen para sintetizar aminoácidos y proteínas, beneficiando a los rumiantes (Ramírez, 2007).

#### 4.8.4. Nitrógeno no proteico en tallos

El contenido de nitrógeno no proteico en los tallos de *M. oleifera*, registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo entre alturas de planta al corte, obteniendo el mayor contenido en la altura de 145.7 cm, con 43.6 g kg<sup>-1</sup> (Apéndice A 55); los niveles de fertilización, las variedades y las densidades de población, obtuvieron en promedio 38.0 g kg<sup>-1</sup> bs (Apéndice A 55). Broderick *et al.* (1993), reportaron un contenido de 93.3 g kg<sup>-1</sup> bs de nitrógeno no proteico en ensilado de alfalfa (*Medicago sativa*); sin embargo, Guevara *et al.* (2011), registraron 143.8 g kg<sup>-1</sup> bs de nitrógeno no proteico en forraje de alfalfa (*M. sativa*).

#### 4.8.5. Proteína verdadera en hojas

El contenido de proteína verdadera en las hojas de *M. oleifera*, registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo entre alturas de planta al corte, obteniendo el mayor contenido en la altura de 178.4 cm, con 222.2 g kg<sup>-1</sup> bs (Apéndice A 55); los niveles de fertilización, las variedades y las densidades de población, no registraron diferencia significativa ( $P < 0.05$ ), obteniendo en promedio 214.4 g kg<sup>-1</sup> bs (Apéndice A 55); Messman y Weiss (1993), registraron en alfalfa un contenido de proteína verdadera en hojas, fresca, marchitada, henificada y ensilada de 254.0, 221.0, 220.0, 118.0 y 100.0 g kg<sup>-1</sup> bs, respectivamente. Broderick *et al.* (1993), reportaron un contenido similar de proteína verdadera en ensilado de alfalfa (*Medicago sativa*), con 98.7 g kg<sup>-1</sup> bs.

La proteína en alimentos es medida comúnmente utilizando el contenido de nitrógeno total, multiplicando éste a su vez por 6.25, debido a que las proteínas en promedio contienen 16 % de nitrógeno y dando origen al término: proteína cruda (PC); sin embargo, los alimentos contienen diversas formas en las que se ve envuelto el nitrógeno, obteniendo así que hay nitrógeno formando parte de la estructura de proteínas (proteína verdadera) y nitrógeno que no está formando parte de la estructura de proteínas (nitrógeno no proteico), tal como las aminos, ácidos nucleicos o amoniaco, por lo que es importante obtener ambos valores para no sobre estimar el contenido de proteína de un alimento a evaluar (Marais y Evenwell, 1983; Messman y Weiss, 1993; Licitra *et al.*, 1996; Ramírez, 2007; Lanzas *et al.*, 2008; Grabber, 2009 y Guevara *et al.*, 2011), que en este caso es el cultivo de *M. oleifera*.

#### **4.8.6. Proteína verdadera en tallos**

El contenido de proteína verdadera en los tallos registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo entre alturas de planta al corte, obteniendo el mayor contenido en la altura de 145.7 cm, con 42.2 g kg<sup>-1</sup> bs (Apéndice A 55); los niveles de fertilización, las variedades de *M. oleifera* y las densidades de población, no registraron diferencia significativa ( $P > 0.05$ ), obteniendo en promedio 40.1 g kg<sup>-1</sup> bs (Apéndice A 55). Broderick *et al.* (1993), reportaron un contenido de 98.7 g kg<sup>-1</sup> bs de proteína verdadera en ensilado de alfalfa (*Medicago sativa*); sin embargo, Guevara *et al.* (2011), registraron 29.0 g kg<sup>-1</sup> bs de proteína verdadera en forraje de alfalfa (*M. sativa*).

#### **4.9. Análisis Bromatológico en Tipos y Tiempos de Almacenamiento de Biomasa de *M. oleifera***

El contenido de proteína cruda en el forraje de *M. oleifera*, no registró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) en el tipo y tiempo de almacenamiento, ni en las interacciones, obteniendo un promedio de  $140.3 \text{ g kg}^{-1} \text{ bs}$  (Apéndice A 56). Mendieta *et al.* (2009), reportaron un contenido de PC de  $268 \text{ g kg}^{-1} \text{ bs}$  en forraje de moringa para ensilar, de 45 días de brote después de la poda, obteniendo un contenido de PC de 150 y  $144 \text{ g kg}^{-1} \text{ bs}$  a los 120 días de ensilado, utilizando 1 y 5 %, respectivamente, de melaza agregada al ensilar; es decir que perdió PC al ensilar la moringa durante 120 días; mientras que el pasto elefante (*Pennisetum purpureum* cv Taiwan) registró un contenido de PC de  $49 \text{ g kg}^{-1} \text{ bs}$  y después del ensilado de 120 días, obtuvo un contenido de PC de 41 y  $42 \text{ g kg}^{-1} \text{ bs}$ , utilizando 1 y 5 %, respectivamente, de melaza agregada al ensilar; es decir que perdió PC al ensilar la moringa durante 120 días. Las pérdidas en el contenido de PC en la investigación de Mendieta *et al.* (2009), pudieran estar asociadas al manejo que se le realizó a la muestra, tal como lo mencionan Colovos *et al.* (1957); sin embargo, es posible que además se registrara degradación de la PC a amonio y otros compuestos, tal como lo mencionan Muck y Dickerson (1988).

El contenido de fibra detergente neutro (FDN) en la biomasa de *M. oleifera*, registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo en el tipo de almacenamiento, obteniendo menor FDN al ensilar utilizando melaza al 10 % (Apéndice A 56); el tiempo de

almacenamiento obtuvo en promedio 517.3 g kg<sup>-1</sup> bs (Apéndice A 56). Mendieta *et al.* (2009), reportaron un contenido de FDN de 521 g kg<sup>-1</sup> bs en forraje de moringa para ensilar, de 45 días de brote después de la poda, obteniendo un contenido de FDN de 583 y 397 g kg<sup>-1</sup> bs a los 120 días de ensilado, utilizando 1 y 5 %, respectivamente, de melaza agregada al ensilar; es decir que aumentó y disminuyó, respectivamente el contenido de FDN al ensilar la moringa durante 120 días; mientras que el pasto elefante (*Pennisetum purpureum* cv Taiwan) registró un contenido de FDN de 737 g kg<sup>-1</sup> bs y después del ensilado de 120 días, obtuvo un contenido de FDN de 689 y 710 g kg<sup>-1</sup> bs, utilizando 1 y 5 %, respectivamente, de melaza agregada al ensilar; es decir que pierde FDN al ensilar la moringa durante 120 días. Herrmann *et al.* (2011), registraron pérdida de FDN en híbrido de sorgo y mencionan que es debido a la degradación de la hemicelulosa durante el proceso de ensilado. Dewar *et al.* (1963), registraron que la degradación de la hemicelulosa es contribuida a la hidrólisis por ácidos orgánicos producidos durante la fermentación.

El contenido de fibra detergente ácido (FDA) en la biomasa de *M. oleifera*, registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo en el tipo de almacenamiento, obteniendo menor (FDA) al ensilar utilizando melaza al 10 % (Apéndice A 56); el tiempo de almacenamiento obtuvo en promedio 405.6 g kg<sup>-1</sup> bs (Apéndice A 56). Mendieta *et al.* (2009), reportaron un contenido de FDA de 361 g kg<sup>-1</sup> bs en la fracción fina (hojas y tallos menores a 5 mm de diámetro) de biomasa de *M. oleifera* cosechado a 45 días de rebrote; sin embargo, Mendieta *et al.* (2013), reportaron un contenido de FDA de 680.8 g kg<sup>-1</sup> bs en la fracción gruesa (tallos con diámetro mayor a 5 mm) y 239.7 g kg<sup>-1</sup> bs en

la fracción fina (hojas, pecíolos y tallos con diámetro menor a 5 mm) en plantas de *M. oleifera* con una altura de 124.5 cm. Kung *et al.* (1991), registraron disminución en el contenido de FDA al ensilar alfalfa, utilizando celulasa (*Trichoderma reesei*), por lo que en la presente investigación, el agregar 10 % de melaza al ensilar, obtuvo una reacción similar (disminuir el contenido de FDA) a la obtenida al agregar celulasa en ensilaje de alfalfa.

El contenido de lignina en la biomasa de *M. oleifera*, registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo en el tiempo de almacenamiento, obteniendo mayor contenido de lignina, en la biomasa almacenada durante 168 días (Apéndice A 56); el tipo de almacenamiento obtuvo en promedio  $97.7 \text{ g kg}^{-1} \text{ bs}$  (Apéndice A 56). Mendieta *et al.* (2009), reportaron un contenido de lignina de  $119 \text{ g kg}^{-1} \text{ bs}$  en forraje de *M. oleifera*; sin embargo, Mendieta *et al.* (2013), reportaron un contenido de  $106.5 \text{ g kg}^{-1} \text{ bs}$  en la fracción gruesa y  $82.9 \text{ g kg}^{-1} \text{ bs}$  en la fracción fina de plantas de *M. oleifera* con una altura de 124.5 cm, obteniendo valores similares a los de la presente investigación. Merchen y Satter (1983), registraron incremento de lignina después de ensilar forraje de alfalfa y reportaron que tal incremento está asociado a la pérdida de materia seca.

El contenido de cenizas en la biomasa de *M. oleifera*, registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo en el tipo de almacenamiento, obteniendo menor contenido de cenizas almacenando el forraje seco en sombra (Apéndice A 56); el tiempo de almacenamiento obtuvo en promedio  $190.7 \text{ g kg}^{-1} \text{ bs}$  (Apéndice A 56). Mendieta *et al.* (2013), reportaron un contenido de cenizas en la fracción gruesa de biomasa de *M. oleifera* con  $75.9 \text{ g kg}^{-1}$

<sup>1</sup> bs, mientras que en la fracción fina, obtuvieron 102.4 g kg<sup>-1</sup> bs en plantas con altura promedio de 119.2 cm. El mayor contenido de cenizas en la presente investigación puede estar asociado a las diversas condiciones climatológicas y edáficas, así como a los genotipos y las etapas fisiológicas utilizadas en los experimentos. Ferrareto y Shaver (2015), registraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en el contenido de cenizas en ensilaje de los híbridos de maíz: híbrido de digestibilidad normal a baja y el híbrido brown-midrib, con valores respectivos de 44 a 50 g kg<sup>-1</sup> bs. Thomas *et al.* (1969), registraron mayor contenido de cenizas al ensilar forraje de alfalfa, comparado con forraje henificado. El incremento en el contenido de cenizas al ensilar un forraje, puede estar asociado a la pérdida de materia seca al ensilar un forraje, como lo reportan Herrmann *et al.* (2011).

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La producción de biomasa fresca y seca de *M. oleifera*, fue similar entre niveles de fertilización nitrogenada; sin embargo, se recomienda utilizar la fertilización de 400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, para reponer la cantidad de nitrógeno que se extrae del suelo al cosechar la biomasa.

La producción de biomasa fresca y seca de *M. oleifera*, fue similar entre variedades, por lo que para producción de biomasa, es recomendable tener las dos variedades.

La producción de biomasa fresca y seca de *M. oleifera* fue similar entre densidades de población, por lo que se recomienda la densidad de 11 plantas m<sup>-2</sup>, debido a que con menor cantidad de plantas se obtiene una producción de biomasa similar.

La producción de biomasa fresca y seca de *M. oleifera* fue mayor a mayor altura de planta al corte, por lo que se recomienda que si se pretende obtener mayor producción de biomasa, es recomendable utilizar la altura de planta al corte de 178.4 cm.

El contenido de proteína cruda (PC) fue similar entre niveles de fertilización en hojas, tallos de *M. oleifera*, así como en forraje y en las fracciones de fibra detergente neutro (PC FDN), fibra detergente ácido (PC FDA) y lignina (PC lignina); sin embargo, se recomienda utilizar la fertilización de 400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, para reponer la cantidad de nitrógeno que se extrae del suelo al cosechar la biomasa de *M. oleifera*.

El contenido de PC entre variedades de *M. oleifera*, fue mayor en la variedad de vaina larga en los análisis realizados para tallos, así como en PC del forraje y en las fracciones PC FDN y PC FDA, por lo que esta variedad es la más recomendable para obtener un forraje con mayor contenido de PC.

El contenido de PC fue similar entre densidades de población en hojas, tallos de *M. oleifera*; así como en forraje y en las fracciones PC FDN, PC FDA y PC lignina; sin embargo, se recomienda utilizar la densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>, debido a que con menos cantidad de plantas se obtiene una cantidad semejante de producción de biomasa y con la misma cantidad de PC.

El contenido de PC de *M. oleifera* entre alturas de planta al corte (APC) fue mayor a menor APC en hojas y tallos, así como en PC del forraje, PC FDA y PC en lignina, por lo que se recomienda la APC de 145.7 cm para la obtención de biomasa con mayor contenido de PC.

El contenido de PC en forraje de *M. oleifera*, fue similar entre tipos y tiempos de almacenamiento, por lo que se recomienda el almacenamiento hasta por 168 días sin que se obtenga pérdida de PC, almacenándolo fresco a la sombra o ensilándolo solo o ensilándolo con melaza al 10 %.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Abubakar, B. Y., S. MuA'zu, A. U. Khan and A. K. Adamu. 2011. Morpho-anatomical variation in some accessions of *Moringa oleifera* Lam. from northern Nigeria. *Afr. J. Plant Sci.* 5(12):742-748.
- Aganga, A. A. and M. N. Autlwetse. 2000. Utilization of sorghum forage, millet forage, veldt grass and buffel grass by Tswana sheep and goats when fed *Lablab purpureus* L. as protein supplement. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 13(8):1127-1132.
- Alfaro, N. C., W. W. Martínez y M. A. Alfaro. 2008. Uso potencial de la moringa (*Moringa oleifera*, Lam) para la producción de alimentos nutricionalmente mejorados. CONCYT, SENACYT, FONACYT, INCAP. Guatemala 31p.  
<http://redmarango.una.edu.ni/documentos/18-uso-alimentacion-moringa.pdf>  
Consultado 28 de Ago del 2012. 31 p.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis (15<sup>th</sup> Ed). Association of Analytical Chemists. Arlington, V. A.
- Arriola, K. G., S. C. Kim, C. M. Huisden and A. T. Adesogan. 2012. Stay-green ranking and maturity of corn hybrids: 1. Effects on dry matter yield, nutritional value, fermentation characteristics, and aerobic stability of silage hybrids in Florida. *J. Dairy Sci.* 95(2):964-974.
- Asaolu, V. O., R. T. Binuomote, J. A. Akinlade, O. S. Oyelami and K. O. Kolapo. 2011. Utilization of *Moringa oleifera* fodder combinations with *Leucaena leucocephala* and

- Gliricidia sepium* fodders by west African dwarf goats. Int. J. Agric. Res. 6(8):607-619.
- Atanasova. E. 2008. Effect of nitrogen sources on the nitrogenous forms and accumulation of amino acid in head cabbage. Plant Soil Environ. 54(2):66-71.
- Bamishaiye, E. I., F. F. Olayemi, E. F. Awagu and O. M. Bamshaiye. 2011. Proximate and phytochemical composition of *Moringa oleifera* leaves at three stages of maturation. Adv. J. Food Sci. Technol. 3(4):233-237.
- Barnes, R. F., C. J. Nelson, K. J. Moore and M. Collins. 2007. Forages the science of grassland agriculture. Vol. II. 6 th Edition. Blackwell Publishing Ed. ISBN 13: 978-0-8138-0232-9. 791 p.
- Bohnert, D. W., C. S. Schawer, S. J. Falck and T. DelCurto. 2002. Influence of rumen protein degradability and supplementation frequency on steers consuming low-quality forage: II. Ruminant fermentation characteristics. J. Anim. Sci. 80:2978-2988.
- Broderick, G. A. and R. E. Muck. 2009. Effect of alfalfa silage storage structure and rumen-protected methionine on production in lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 92: 1281-1289.
- Broderick, G. A., W. M. Craig and D. B. Ricker. 1993. Urea versus true protein as supplement for lactating dairy cows fed grain plus mixtures of alfalfa and corn silages. J. Dairy Sci. 76:2266-2274.
- Church, D. C., W. G. Pond y K. R. Pond. 2006. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. 2<sup>a</sup> Ed. Limusa Wiley. ISBN 13: 978-968-18-5299-3. 636 p.

- Coblentz, W. K., J. O. Fritz, W. H. Fick, R. C. Cochran, J. E. Shirley and J. E. Turner. 1999. In situ disappearance of neutral detergent insoluble nitrogen from alfalfa and eastern gama grass at three maturities. *J. Anim. Sci.* 77:2803-2809.
- Colovos, N. F., H. A. Keener and H. A. Davis. 1957. Errors in drying silage and feces for protein and energy determinations. Improved procedures. *Journal of Dairy Science.* 40(2):173-179.
- Cooper, R. B., R. E. Blaser and R. H. Brown. 1967. Potassium nutrition effects on net photosynthesis and Morphology of Alfalfa. *Soil Soc. Amer. Proc.* 31(2):231-235.
- Dewar, W. A., P. McDonald, R. Whittenbury. 1963. The hydrolysis of grass hemicelluloses during ensilage. *J. Sci. Food Agric.* 14:411-417.
- Dillard, L. S., Sturgeon, E. L., Owsley, F. W., Wood, W. C., Holliman, L. J. and Muntifering, B. R. 2012. Productivity and nutritive quality of Johnsongrass (*Sorghum halepense*) as influenced by commercial fertilizer, broiler litter, and interseeded White clover (*Trifolium repens*). *Applied and Environmental Soil Science.* ID 234103, 6 p.
- Eriksen, F. I. and A. S. Whitney. 1981. Effects of light intensity on growth of some tropical forage species. I. Interaction of light intensity and nitrogen fertilization on six forage grasses. *Agronomy Journal.* 73(3):427-433.
- Faizi, S., B. S. Siddiqui, R. Saleem, S. Siddiqui, K. Aftab and A. H. Gilani 1992. Isolation and structure elucidation of novel hypotensive agents, niazinin A, niazinin B, niazimicin and niaziminin A + B from *Moringa oleifera*: The first naturally occurring thiocarbamates. *J. Chem. Soc. Perkin Trans.* 1:3237-3241.

- FAO. 2015. World fertilizer trends and outlook to 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. ISBN: 978-92-5-108692-6. 66 p.
- Ferraretto, L. F. and R. D. Shaver. 2015. Effects of whole-plant corn silage hybrid type on intake, digestion, ruminal fermentation, and lactation performance by dairy cows through a meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 98(4):1-14.
- Ferraretto, L. F., P. M. Crump and R. D. Shaver. 2013. Effect of cereal grain type and corn grain harvesting and processing methods on intake, digestion, and milk production by dairy cows through a meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 96(1):533-550.
- Ferreira, P. da C., P. S. de O. Rabello, A. Borsoi, E. de V. Soares, L. T. Egídio, J. P. Tiago and M. V. S. Mansano. 2015. Initial growth of *Moringa oleifera* Lam. under different planting densities in autumn/winter in south Brazil. *African Journal of Agricultural Research.*10(5):394-398. doi: 10.5897/AJAR2013.7549.
- Frei, M. 2013. Lignin: Characterization of a multifaceted crop component. *The Scientific World Journal.* ID 436517. 25 p.
- Foidl, N., L. Mayorga y W. Vásquez. 1999. Utilización del marango (*Moringa oleifera*) como forraje fresco para ganado; (Estudio FAO sobre producción y sanidad animal) (Spanish); Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica, (Rome) (Italy), FAO. <http://www.fao.org/ag/aga/AGAP/FRG/Agrofor1/Foidl16.htm>  
Consultado 31 Dic del 2015.
- Fuentes, F., C. Poblete, M. Huerta y I. Palape. 2011. Evaluación de la producción y calidad nutritiva de avena como forraje verde hidropónico en condiciones de desierto. *IDESIA.* (Chile). 29(3):75-81.

- Gadzirayi, C. T., F. N. M. Kubiku, J. F. Mupangwa, L. Mujuru and T. J. Chikuvire. 2013. The effect of plant spacing and cutting interval on growth of *Moringa oleifera*. JASA. 2(2):131-136.
- Gehman, A. M., P. J. Kononoff, C. R. Mullins and B. N. Janicek. 2008. Evaluation of nitrogen utilization and the effects on monensin in dairy cows fed brown midrib corn silage. J. Dairy Sci. 91(1):288-300.
- Gordon, C. H., J. C. Derbyshire, H. G. Wiseman, E. A. Kane and C. G. Melin. 1961. Preservation and feeding value of alfalfa stored as hay, haylage and direct-cut silage. J. Dairy Science. 44(7):1299-1311.
- Goss, M. 2012. A study of the initial establishment of multi – purpose moringa (*Moringa oleifera* Lam) at various plant densities, their effect on biomass accumulation and leaf yield when grown as vegetable. Afr. J. Plant Sci. 6(3):125-129.
- Grabber, J. H. 2009. Protein fractions in forage legumes containing protein-binding polyphenols: freeze-drying vs. conservation as hay or silage. Animal Feed Science and Technology. 151:324-329.
- Guada, J. A. 1996. Características del sistema de Cornell (CNCPS) como modelo de valoración proteica y energética para rumiantes. XII Curso de especialización FEDNA. Madrid.  
[http://www.ucv.ve/fileadmin/user\\_upload/facultad\\_agronomia/Sistema\\_Cornell.pdf](http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Sistema_Cornell.pdf)  
Consultado 13 de Nov del 2012. 19 p.
- Guevara, M. A. L., L. A. R. Miranda, J. E. B. Ramírez, S. S. M. González, M. M. G. Crosby, L. M. C. Hernández and O. E. R. Del Razo. 2011. Protein fractions and *in*

- vitro* fermentation of protein feeds for ruminants. Tropical and Subtropical Agroecosystems 14:421-429.
- Herrmann C., M. Heiermann and C. Idler. 2011. Effects of ensiling, silage additives and storage period on methane formation of biogas crops. Bioresource Technology. 102:5153-5161.
- Hiawatha, B. H. 2010. All things moringa. The story of an amazing tree of life. [www.allthingsmoringa.com](http://www.allthingsmoringa.com) Consultado 03 de Jul del 2012. 42 p.
- Howard, J. L. 2004. Sorghum halepense. In: Fire Effects Information System, [Online]. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (Producer). Available: <http://www.fs.fed.us/database/feis/> [2015, December 31].  
<http://www.fs.fed.us/database/feis/plants/graminoid/sorhal/all.html>
- INEGI. 2011. Anuario estadístico de Nuevo León. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Gobierno del Estado de Nuevo León. ISSN 0188-8471. 594 p.
- INEGI. 2015. Google Earth 7.1.5.1557. Compilation date 5/20/2015. Server kh.google.com. Google Inc. 2015. (Google 2015 – INEGI 2015).
- Kemble, A. R. 1956. Studies on the nitrogen metabolism of the ensilage process. J. Sci. Food Agric.7:125-130.
- Kung, L. Jr., J. H. Chen, E. M. Kreck and K. Knutsen. 1993. Effect of microbial inoculants on the nutritive value of corn silage for lactating dairy cows. Journal of Dairy Science 76:3763-3770.

- Kung, L. Jr., R. S. Tung, K. G. Maciorowski, K. Buffum and K. Knutsen. 1991. Effects of plant cell-wall-degrading enzymes and lactic acid bacteria on silage fermentation and composition. *J. Dairy Sci.* 74(12):4284-4296.
- Kura, H. M., K. Satoh and S. Katoh. 1987. Relationship between photosynthesis and chlorophyll content during leaf senescence of rice seedlings. *Plant Cell Physiol* 28(7):1321-1329.
- Lanzas C.; Broderick G.A and Fox D. G. (2008). Improved feed fractionation schemes for formulating rations with the Cornell Net Carbohydrates and Protein System. *Journal of Dairy Science* 91:4881-4891.
- Lezcano J. C., O. Alonso, M. Trujillo y E. Martínez. 2014. Agentes fungosos asociados a síntomas de enfermedades en plántulas de *Moringa oleifera* Lamarck. *Pastos y Forrajes* 32(2):166-172.
- Licitra, G. T. M. Hernández and P. J. Van Soest. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science Technology* 57:347-358.
- Marais, J. P. and T. K. Evenwell. 1983. The use of trichloroacetic acid as precipitant for the determination of 'true protein' in animal feeds. *S. Afr. J. Sci.* 13(2):138-139.
- Marco, O. N. D., M. A. Ressa, S. Arias, M. S. Aello, M. Arzadún. 2009. Digestibility of forage silages from grain, sweet and bmr sorghum types: Comparison of *in vivo*, *in situ* and *in vitro* data. *Animal Feed Science and Technology.* 153:161-168.
- Makkar, H. P. S. and K. Becker. 1996. Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanol extracted *Moringa oleifera* leaves. *Animal Feed Science and Technology.* 63:211-228.

- Martin, C. E. 2010. Métodos para medir la humedad del suelo para la programación del riego ¿Cuándo?. Arizona Cooperative, Extension. The University of Arizona, College of Agriculture and life Sciences. Tucson, Arizona 85721. AZ1220S 8p.
- Martin, E. A. 2012. Nutritive value and inherent anti-nutritive factors in four indigenous edible leafy vegetables in human nutrition in nigeria. A Review. J. Food Resour. Sci. 1(1):1-14.
- Masurkear, T. S., V. Kadam and V. Jadhav. 2015. Roles of *Moringa oleifera* in medicine – a review. World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. 4(1):375-385.
- Mathur, B. S. 2005. The incredible moringa leaves.  
[http://www.treesforlife.org/sites/default/files/documents/English%20moringa\\_book\\_v1ew.pdf](http://www.treesforlife.org/sites/default/files/documents/English%20moringa_book_v1ew.pdf) Consultado 25 de Jun del 2012. 35 p.
- Mendieta, B. A., E. Spörndly, N. S. Reyes, L Norell and R. Spörndly. 2009. Silage quality when *Moringa oleifera* is ensiled in mixtures with elephant grass, sugar cane and molasses. Grass and Forage Science. 64:364-373.
- Mendieta, B. A., E. Spörndly, N. S. Reyes and R. Spörndly. 2011a. Feeding *Moringa oleifera* fresh or ensiled to dairy cows—effects on milk yield and milk flavor. Trop. Anim. Health Prod. 43:1039–1047.
- Mendieta, B. A., R Spörndly, N. S Reyes and E. Spörndly. 2011b. Moringa (*Moringa oleifera*) leaf meal as a source of protein in locally produced concentrates for dairy cows fed low protein diets in tropical areas. Livestock Science. 137:10-17.
- Mendieta, B. A., E. Spörndly, N. S. Reyes, F. M. Salmerón and M. Halling. 2013. Biomass production and chemical composition of *Moringa oleifera* under different planting densities and levels of nitrogen fertilization. Agroforest Syst. 87:81-92.

- Mengel, K. 1983. Responses of various crop species and cultivars to fertilizer application. *Plant and soil*. 72:305-319.
- Merchen, N. R. and L. D. Satter. 1983. Changes in nitrogenous compounds and sites of digestion of alfalfa harvested at different moisture contents. *J. Dairy Sci.* 66:789-801.
- Messman M. A. and B. P. Weiss. 1993. Extraction of protein from forages and comparison of two Methods to determine its concentration. *J. Agric. Food Chem.* 41:1085-1089.
- Mishra, A. K., H. S. Tiwari and R. K. Bhatt. 2010. Growth, biomass production and photosynthesis of *Cenchrus ciliaris* L. under *Acacia tortilis* (Forssk.) Hayne based silvopastoral systems in semi arid tropics. *Journal of Environmental Biology.* 31:987-993.
- Mondo, V. H. V., S. M. Cicero, D. D. Neto, T. L. Pupim and M. A. N. Dias. 2013. Seed vigor and initial growth of corn crop. *Journal of Seed Science.* 35(1):64-69.
- Muck, R. E. and J. T. Dickerson. 1988. Storage temperature effects on proteolysis in alfalfa silage. *Transactions of the ASAE.* 31(4):1005-1009.
- Nakamura, T., T. J. Klopfenstein and R. A. Britton. 1994. Evaluation of acid detergent insoluble nitrogen as an indicator of protein quality in nonforage proteins. *J. Anim. Sci.* 72:1043-1048.
- Nobel, P. S., L. J. Zaragoza and W. K. Smith. 1975. Relation between mesophyll surface area, photosynthetic rate, and illumination level during development for leaves of *Plectranthus parviflorus* Henckel. *Plant Physiol.* 55:1067-1070.

- NRC, 2001. Nutrient requirements of dairy cattle: 7<sup>th</sup> revised edition. National Academy Press. Washington, D. C. <http://www.nap.edu/catalog/9825.html> 408 p.
- NRC. 2006. Lost crops of Africa volume II vegetables. The National Academies Press. Washington, D. C. [http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=11763](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=11763) Consultado 25 de Oct del 2012. 378 p.
- Olson, M. E. y J. W. Fahey. 2011. *Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. Revista Mexicana de Biodiversidad 82:1071-1082.
- Owens, V. N., K. A. Albercht and R. E. Muck. 1999. Protein degradation and ensiling characteristics of red clover and alfalfa wilted under varying levels of shade. Can. J. Plant Sci. 79:209-222.
- Owens, V. N., K. A. Albercht and R. E. Muck. 2002. Protein degradation and fermentation characteristics of unwilted red clover and alfalfa silage harvested at various times during the day. Grass and Forage Science. 57:329-341.
- Pachauri, S. D., K. Khandelwal, S. P. Singh, K. V. Sashidhara, and A. K. Dwivedi 2013. HPLC method for identification and quantification of two potential anti-inflammatory and analgesic agents-1, 3-dibenzyl urea and aurantiamide acetate in the roots of *Moringa oleifera*. Med. Chem. Res. 22:5284-5289.
- Palada, M. C. and L. C. Chang. 2003. Suggested cultural practices for Moringa. Asian Vegetable Research and Development. Center. Pub # 03 545.
- Paliwal, R., V. Sharma and Pracheta. 2011. A Review on Horse Radish Tree (*Moringa oleifera*): A Multipurpose Tree with High Economic and Commercial Importance. Asian J. Biotechnol. 3(4):317-328.

- Patel, R. V., S. Pramod, S. K. Rao. 2014. Cambial activity, annual rhythm of xylem production in relation to phenology and climatic factors and lignification pattern during xylogenesis in drum-stick tree (*Moringa oleifera*). *Flora* 209:556-566.
- Peace, G. S. 1993. *Taguchi Methods: a hands-on approach*. Addison-Wesley Publishing Company. ISBN 0-201-56311-8. 522 p.
- Pérez, A., T. Sánchez, N. Armengol and F. Reyes. 2010. Characteristics and potential of *Moringa oleifera*, Lamark. An alternative for animal feeding. *Pastos y Forrajes*. 33(4):1-16.
- Piccinni, G., J. Ko, T. Marek and T. Howell. 2009. Determination of growth-stage-specific crop coefficients (Kc) of maize and sorghum. *Agricultural Water Management*. 96:1698-1704.
- Pond, W. G., D. C. Church, K. R. Pond and P. A. Schoknecht. 2005. *Basic animal nutrition and feeding*. 5<sup>th</sup> Ed. Wiley. ISBN 978-0-471-21539-4. 593 p.
- Ramírez, R. G., G. F. W. Haenlein, C. G. C. García, M. A. G. Núñez. 2004. Protein, lignin and mineral contents and in situ dry matter digestibility of native Mexican grasses consumed by range goats. *Small Ruminant Research*. 52:261-269.
- Ramírez, L. R. G. 2007. *Los pastos en la nutrición de rumiantes*. Universidad Autónoma de Nuevo León. México. ISBN: 970-694-329-3. 217 p.
- Rebolledo, R. H. H. 1998. Estimación de diferentes modelos de regresión a experimentos de fertilización y su comparación con fines de generar recomendaciones óptimas económicas. I. Casos con un factor. *Terra Latinoamericana* 16(3):247-258.

- Reyes, N. S., S. Ledin and I. Ledin. 2006. Biomass production and chemical composition of *Moringa oleifera* under different management regimes in Nicaragua. *Agroforestry Systems*. 66:231–242.
- Robison, G. D. and M. A. Massengale. 1968. Effect of harvest management and temperature on forage yield, root carbohydrates, plant density and leaf area relationships in alfalfa (*Medicago sativa* L. cultivar 'Moapa'). *Crop Science*. 8(2):147-151.
- Roffler, R. E., R. P. Niedermeier and B. R. Baumgardt. 1967. Evaluation of alfalfa-brome forage stored as wilted silage, low-moisture silage, and hay. *J. Dairy Science*. 50(11):1805-1813.
- SAGARPA, 2007. Programa sectorial de desarrollo agropecuario y pesquero. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. <http://www.sagarpa.gob.mx/transparencia/pot2008/XV-inf/Programa-Sectorial2007-2012.pdf> Consultado 22 de Ene del 2013. 96 p.
- SAGARPA, 2012a. Técnicas de ensilaje y construcción de silos forrajeros. (Ed. Cobos, P. M. A.). <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Silos%20Forrajeros.pdf> Consultado 06 de Nov del 2012. 8 p.
- SAGARPA, 2012b. Uso de fertilizantes. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Subsecretaría de Desarrollo Rural. Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural. <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Usode%20fertilizantes.pdf> Consultado 05 de Oct del 2012. 11 p.

- Singh, B. N., B. R. Singh, R. L. Singh, D. Prakash, R. Dhakarey, G. Upadhyay and H. B. Singh. 2009. Oxidative DNA damage protective activity, antioxidant and anti-quorum sensing potentials of *Moringa oleifera*. Food and Chemical Toxicology. 47(6):1109-1116.
- Stokes, S. R. and E. P. Prostko. 1914. Understanding forage quality analysis. AgriLife Extension. Texas A&M System. L-5198:3-98.
- Sultan, J. I., I. U. Rahim, M. Yaqoob, H. Nawaz and M. Hameed. 2008. Nutritive value of free rangeland grasses of northern grasslands of pakistan. Pak. J. Bot. 40:249-258.
- Thomas, J. W., L. D. Brown, R. S. Emery, E. J. Benne and J. T. Huber. 1969. Comparisons between alfalfa silage and hay. J. Dairy Science 52(2):195-204.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism and nutritional implications in dairy cattle. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583-3597.
- Vázquez, V. C., García, H. J. L., Salazar, S. E.; Murillo, A. B., Orona, C. I., Zúñiga, T. R., Rueda, P. E. O. y Preciado, R. P. 2010. Rendimiento y valor nutritivo del forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con diferentes dosis de estiércol bovino. Rev. Mex. Cienc. Pecu. 1(4):363-372.
- Volenec, J. J., A. Ourry and B. C. Joern. 1996. A role for nitrogen reserves in forage regrowth and stress tolerance. Physiologia Plantarum. 97(1):185-193.

- Welch, L. F., L. V. Boone, C. G. Chambliss, A. T. Christiansen, D. L. Mulvaney, M. G. Oldham and J. W. Pendleton. 1973. Soybean yields with direct and residual nitrogen fertilization. *Agronomy Journal*. 65(4):547-550.
- Wilkins, R. J., K. J. Hutchinson., R. F. Wilson and C. E. Harris. 1971. The voluntary intake of silage by sheep:I. Interrelationships between silage composition and intake. *The Journal of Agricultural Science*. 77(3):531-537.
- Zhao, D., K. R. Reddy., V. G. Kakani and V. R. Reddy. 2005. Nitrogen deficiency effects on plant growth, leaf photosynthesis and hyperspectral reflectance properties of sorghum. *Europ. J. Agronomy*. 22:319-403.

## 7. APÉNDICE

A 1. Comparación de medias para altura de planta (cm) en altura de planta al corte de 145.7 cm (APC1), con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el primer período de crecimiento en el año 2013.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 3	17.2 <sup>a</sup>	16.6 <sup>a</sup>	16.8 <sup>a</sup>	16.9 <sup>a</sup>	16.2 <sup>b</sup>	17.6 <sup>a</sup>	0.34	25.9
S 4	21.1 <sup>a</sup>	20.6 <sup>a</sup>	20.4 <sup>b</sup>	21.3 <sup>a</sup>	19.3 <sup>b</sup>	22.3 <sup>a</sup>	0.34	24.8
S 5	31.0 <sup>a</sup>	28.9 <sup>b</sup>	28.8 <sup>b</sup>	31.1 <sup>a</sup>	27.8 <sup>b</sup>	32.1 <sup>a</sup>	0.76	28.1
S 6	48.6 <sup>a</sup>	45.9 <sup>a</sup>	47.2 <sup>a</sup>	47.3 <sup>a</sup>	41.1 <sup>b</sup>	53.4 <sup>a</sup>	1.04	28.4
S 7	88.7 <sup>a</sup>	84.1 <sup>a</sup>	84.3 <sup>a</sup>	88.6 <sup>a</sup>	82.5 <sup>b</sup>	90.3 <sup>a</sup>	1.73	29.3
S 8	112.7 <sup>a</sup>	110.6 <sup>a</sup>	108.5 <sup>a</sup>	114.8 <sup>a</sup>	113.0 <sup>a</sup>	110.4 <sup>a</sup>	2.31	27.1
S 9	138.0 <sup>a</sup>	138.3 <sup>a</sup>	136.4 <sup>a</sup>	139.9 <sup>a</sup>	148.0 <sup>a</sup>	128.3 <sup>b</sup>	3.52	28.9

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 2. Comparación de medias para altura de planta (cm) en APC1, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el segundo período de crecimiento en el año 2013.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 2	21.3 <sup>a</sup>	23.7 <sup>a</sup>	24.6 <sup>a</sup>	20.4 <sup>b</sup>	25.2 <sup>a</sup>	19.9 <sup>b</sup>	1.17	28.1
S 3	32.7 <sup>a</sup>	37.3 <sup>a</sup>	37.8 <sup>a</sup>	32.2 <sup>a</sup>	37.9 <sup>a</sup>	32.1 <sup>b</sup>	2.02	28.2
S 4	45.0 <sup>a</sup>	52.5 <sup>a</sup>	52.4 <sup>a</sup>	45.1 <sup>a</sup>	51.7 <sup>a</sup>	45.8 <sup>a</sup>	2.83	27.3
S 5	88.1 <sup>a</sup>	87.5 <sup>a</sup>	89.8 <sup>a</sup>	85.9 <sup>a</sup>	93.4 <sup>a</sup>	82.3 <sup>b</sup>	2.34	29.9
S 6	121.5 <sup>a</sup>	121.8 <sup>a</sup>	123.2 <sup>a</sup>	120.1 <sup>a</sup>	130.4 <sup>a</sup>	112.9 <sup>b</sup>	2.35	31.1
S 7	151.8 <sup>a</sup>	151.6 <sup>a</sup>	154.6 <sup>a</sup>	148.7 <sup>a</sup>	164.6 <sup>a</sup>	138.8 <sup>b</sup>	3.47	31.0

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 3. Comparación de medias para altura de planta (cm) en APC1, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleífera* para forraje, durante el tercer período de crecimiento en el año 2013.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 2	34.3 <sup>a</sup>	30.7 <sup>a</sup>	32.4 <sup>a</sup>	32.5 <sup>a</sup>	36.7 <sup>a</sup>	28.2 <sup>b</sup>	1.26	28.1
S 3	52.9 <sup>a</sup>	48.2 <sup>a</sup>	51.1 <sup>a</sup>	50.0 <sup>a</sup>	57.0 <sup>a</sup>	44.1 <sup>b</sup>	2.09	27.6
S 4	72.3 <sup>a</sup>	67.5 <sup>a</sup>	71.0 <sup>a</sup>	68.8 <sup>a</sup>	77.8 <sup>a</sup>	62.1 <sup>b</sup>	2.54	26.7
S 5	92.3 <sup>a</sup>	87.8 <sup>a</sup>	91.5 <sup>a</sup>	88.7 <sup>a</sup>	99.1 <sup>a</sup>	81.0 <sup>b</sup>	3.09	25.0
S 6	114.0 <sup>a</sup>	110.3 <sup>a</sup>	113.7 <sup>a</sup>	110.6 <sup>a</sup>	122.8 <sup>a</sup>	101.5 <sup>b</sup>	3.43	24.1
S 7	140.5 <sup>a</sup>	137.8 <sup>a</sup>	140.8 <sup>a</sup>	137.5 <sup>a</sup>	149.3 <sup>a</sup>	129.0 <sup>b</sup>	3.85	26.9
S 8	151.8 <sup>a</sup>	151.7 <sup>a</sup>	155.3 <sup>a</sup>	148.2 <sup>a</sup>	163.6 <sup>a</sup>	139.9 <sup>b</sup>	4.04	26.4

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 4. Comparación de medias para altura de planta (cm) en APC1, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el período intermedio de crecimiento entre los años 2013 y 2014.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 2	22.4 <sup>a</sup>	23.8 <sup>a</sup>	22.4 <sup>a</sup>	23.8 <sup>a</sup>	23.8 <sup>a</sup>	22.4 <sup>a</sup>	0.77	21.8
S 3	25.8 <sup>a</sup>	25.3 <sup>a</sup>	24.9 <sup>a</sup>	26.2 <sup>a</sup>	27.0 <sup>a</sup>	24.1 <sup>b</sup>	0.88	20.5
S 4	34.8 <sup>a</sup>	36.1 <sup>a</sup>	35.3 <sup>a</sup>	35.6 <sup>a</sup>	38.0 <sup>a</sup>	32.8 <sup>b</sup>	1.40	23.4
S 5	38.6 <sup>a</sup>	40.0 <sup>a</sup>	39.7 <sup>a</sup>	39.0 <sup>a</sup>	42.3 <sup>a</sup>	36.3 <sup>b</sup>	1.64	18.2
S 6	39.6 <sup>a</sup>	40.3 <sup>a</sup>	39.7 <sup>a</sup>	40.2 <sup>a</sup>	43.0 <sup>a</sup>	36.8 <sup>b</sup>	1.48	16.2
S 7	44.9 <sup>a</sup>	47.0 <sup>a</sup>	45.4 <sup>a</sup>	46.5 <sup>a</sup>	49.3 <sup>a</sup>	42.5 <sup>b</sup>	1.70	19.5
S 8	45.6 <sup>a</sup>	48.8 <sup>a</sup>	47.1 <sup>a</sup>	46.5 <sup>a</sup>	51.0 <sup>a</sup>	42.6 <sup>b</sup>	1.72	11.5
S 9	47.6 <sup>a</sup>	49.1 <sup>a</sup>	48.5 <sup>a</sup>	48.2 <sup>a</sup>	52.5 <sup>a</sup>	44.2 <sup>b</sup>	1.76	17.2
S 10	48.4 <sup>a</sup>	49.0 <sup>a</sup>	48.8 <sup>a</sup>	48.5 <sup>a</sup>	53.0 <sup>a</sup>	44.4 <sup>b</sup>	1.81	12.1
S 11	48.3 <sup>a</sup>	49.5 <sup>a</sup>	48.7 <sup>a</sup>	49.0 <sup>a</sup>	53.0 <sup>a</sup>	44.7 <sup>b</sup>	1.90	18.0
S 12	47.1 <sup>a</sup>	49.0 <sup>a</sup>	47.9 <sup>a</sup>	48.2 <sup>a</sup>	52.3 <sup>a</sup>	43.8 <sup>b</sup>	1.92	11.2
S 13	46.5 <sup>a</sup>	48.8 <sup>a</sup>	47.4 <sup>a</sup>	47.9 <sup>a</sup>	52.1 <sup>a</sup>	43.2 <sup>b</sup>	1.96	11.5
S 14	46.5 <sup>a</sup>	48.8 <sup>a</sup>	47.4 <sup>a</sup>	47.9 <sup>a</sup>	52.1 <sup>a</sup>	43.2 <sup>b</sup>	1.96	12.5
S 15	46.3 <sup>a</sup>	48.7 <sup>a</sup>	47.3 <sup>a</sup>	47.7 <sup>a</sup>	52.0 <sup>a</sup>	43.0 <sup>b</sup>	1.98	16.4
S 16	46.3 <sup>a</sup>	48.7 <sup>a</sup>	47.3 <sup>a</sup>	47.7 <sup>a</sup>	52.0 <sup>a</sup>	43.0 <sup>b</sup>	1.98	14.2
S 17	45.7 <sup>a</sup>	48.6 <sup>a</sup>	47.1 <sup>a</sup>	47.2 <sup>a</sup>	51.6 <sup>a</sup>	42.7 <sup>b</sup>	2.01	14.5
S 18	44.6 <sup>a</sup>	47.8 <sup>a</sup>	46.5 <sup>a</sup>	45.9 <sup>a</sup>	50.5 <sup>a</sup>	41.9 <sup>b</sup>	2.03	9.6
S 19	41.8 <sup>a</sup>	46.2 <sup>a</sup>	44.5 <sup>a</sup>	43.4 <sup>a</sup>	47.9 <sup>a</sup>	40.0 <sup>b</sup>	2.19	16.9
S 20	41.3 <sup>a</sup>	45.5 <sup>a</sup>	44.2 <sup>a</sup>	42.6 <sup>a</sup>	47.5 <sup>a</sup>	39.3 <sup>b</sup>	2.28	21.9
S 21	40.9 <sup>a</sup>	44.9 <sup>a</sup>	43.8 <sup>a</sup>	42.0 <sup>a</sup>	47.2 <sup>a</sup>	38.6 <sup>b</sup>	2.38	19.7
S 22	40.7 <sup>a</sup>	44.4 <sup>a</sup>	43.5 <sup>a</sup>	41.6 <sup>a</sup>	47.2 <sup>a</sup>	37.9 <sup>b</sup>	2.55	15.5
S 23	41.5 <sup>a</sup>	45.5 <sup>a</sup>	44.4 <sup>a</sup>	42.7 <sup>a</sup>	48.3 <sup>a</sup>	38.7 <sup>b</sup>	2.64	17.7
S 24	44.0 <sup>a</sup>	46.1 <sup>a</sup>	45.1 <sup>a</sup>	45.0 <sup>a</sup>	50.9 <sup>a</sup>	39.2 <sup>b</sup>	2.59	21.1
S 25	45.1 <sup>a</sup>	47.0 <sup>a</sup>	46.4 <sup>a</sup>	45.7 <sup>a</sup>	52.1 <sup>a</sup>	40.0 <sup>b</sup>	2.67	19.9
S 26	48.1 <sup>a</sup>	49.5 <sup>a</sup>	49.1 <sup>a</sup>	48.5 <sup>a</sup>	55.9 <sup>a</sup>	41.7 <sup>b</sup>	2.86	24.8
S 27	53.2 <sup>a</sup>	53.6 <sup>a</sup>	54.0 <sup>a</sup>	52.8 <sup>a</sup>	62.1 <sup>a</sup>	44.7 <sup>b</sup>	3.19	23.7
S 28	58.6 <sup>a</sup>	58.1 <sup>a</sup>	59.6 <sup>a</sup>	57.0 <sup>a</sup>	68.0 <sup>a</sup>	48.7 <sup>b</sup>	3.48	20.3
S 29	68.2 <sup>a</sup>	66.3 <sup>a</sup>	69.6 <sup>a</sup>	64.9 <sup>a</sup>	78.3 <sup>a</sup>	56.2 <sup>b</sup>	3.93	25.2
S 30	77.5 <sup>a</sup>	76.9 <sup>a</sup>	79.4 <sup>a</sup>	75.0 <sup>a</sup>	91.3 <sup>a</sup>	63.1 <sup>b</sup>	4.41	24.7
S 31	98.5 <sup>a</sup>	93.5 <sup>a</sup>	97.9 <sup>a</sup>	94.2 <sup>a</sup>	113.0 <sup>a</sup>	79.1 <sup>b</sup>	5.07	27.1
S 32	116.7 <sup>a</sup>	114.6 <sup>a</sup>	118.9 <sup>a</sup>	112.4 <sup>a</sup>	132.3 <sup>a</sup>	99.0 <sup>b</sup>	4.66	23.0
S 33	125.6 <sup>a</sup>	124.2 <sup>a</sup>	128.3 <sup>a</sup>	121.5 <sup>a</sup>	142.3 <sup>a</sup>	107.4 <sup>b</sup>	5.05	25.9

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 5. Comparación de medias para altura de planta (cm) en APC1, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el primer período de crecimiento en el año 2014.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 2	27.8 <sup>a</sup>	29.6 <sup>a</sup>	27.4 <sup>a</sup>	30.0 <sup>a</sup>	29.5 <sup>a</sup>	28.0 <sup>a</sup>	1.11	28.6
S 3	39.3 <sup>a</sup>	41.1 <sup>a</sup>	38.8 <sup>a</sup>	41.7 <sup>a</sup>	41.9 <sup>a</sup>	38.5 <sup>a</sup>	1.64	29.7
S 4	54.3 <sup>a</sup>	54.4 <sup>a</sup>	53.3 <sup>a</sup>	55.4 <sup>a</sup>	56.7 <sup>a</sup>	51.9 <sup>a</sup>	1.95	26.9
S 5	81.5 <sup>a</sup>	81.0 <sup>a</sup>	79.6 <sup>a</sup>	82.9 <sup>a</sup>	83.7 <sup>a</sup>	78.9 <sup>a</sup>	2.85	27.9
S 6	107.2 <sup>a</sup>	107.5 <sup>a</sup>	106.8 <sup>a</sup>	107.9 <sup>a</sup>	111.2 <sup>a</sup>	103.6 <sup>a</sup>	3.24	28.2
S 7	134.9 <sup>a</sup>	132.4 <sup>a</sup>	133.1 <sup>a</sup>	134.2 <sup>a</sup>	139.3 <sup>a</sup>	128.0 <sup>b</sup>	3.45	26.4
S 8	156.6 <sup>a</sup>	155.1 <sup>a</sup>	155.6 <sup>a</sup>	156.1 <sup>a</sup>	161.3 <sup>a</sup>	150.3 <sup>b</sup>	3.80	30.0

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 6. Comparación de medias para altura de planta (cm) en APC1, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el segundo período de crecimiento en el año 2014.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 2	34.5 <sup>a</sup>	33.1 <sup>a</sup>	31.2 <sup>b</sup>	36.4 <sup>a</sup>	37.4 <sup>a</sup>	30.2 <sup>b</sup>	1.73	30.5
S 3	55.3 <sup>a</sup>	54.0 <sup>a</sup>	50.9 <sup>b</sup>	58.4 <sup>a</sup>	57.4 <sup>a</sup>	51.9 <sup>a</sup>	2.21	28.8
S 4	79.4 <sup>a</sup>	78.9 <sup>a</sup>	73.9 <sup>b</sup>	84.4 <sup>a</sup>	80.5 <sup>a</sup>	77.8 <sup>a</sup>	2.94	29.9
S 5	101.8 <sup>a</sup>	101.6 <sup>a</sup>	97.6 <sup>a</sup>	105.9 <sup>a</sup>	104.3 <sup>a</sup>	99.1 <sup>a</sup>	3.27	29.9
S 6	139.3 <sup>a</sup>	143.6 <sup>a</sup>	137.3 <sup>a</sup>	145.6 <sup>a</sup>	145.1 <sup>a</sup>	137.8 <sup>a</sup>	4.10	30.1

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 7. Comparación de medias para altura de planta (cm) en APC1, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el tercer período de crecimiento en el año 2014.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 2	35.4 <sup>a</sup>	34.6 <sup>a</sup>	32.3 <sup>b</sup>	37.7 <sup>a</sup>	36.6 <sup>a</sup>	33.3 <sup>b</sup>	1.13	26.5
S 3	51.1 <sup>a</sup>	48.8 <sup>a</sup>	46.7 <sup>b</sup>	53.2 <sup>a</sup>	53.6 <sup>a</sup>	46.3 <sup>b</sup>	1.92	25.3
S 4	72.1 <sup>a</sup>	68.9 <sup>a</sup>	66.9 <sup>a</sup>	74.2 <sup>a</sup>	76.0 <sup>a</sup>	65.0 <sup>b</sup>	2.82	24.1
S 5	88.3 <sup>a</sup>	86.8 <sup>a</sup>	86.4 <sup>a</sup>	88.7 <sup>a</sup>	92.9 <sup>a</sup>	82.2 <sup>b</sup>	2.96	25.6
S 6	107.6 <sup>a</sup>	109.8 <sup>a</sup>	107.6 <sup>a</sup>	109.8 <sup>a</sup>	113.6 <sup>a</sup>	103.8 <sup>b</sup>	3.15	26.2
S 7	117.7 <sup>a</sup>	117.8 <sup>a</sup>	117.1 <sup>a</sup>	118.4 <sup>a</sup>	122.9 <sup>a</sup>	112.6 <sup>b</sup>	3.18	23.7
S 8	131.6 <sup>a</sup>	128.9 <sup>a</sup>	129.8 <sup>a</sup>	130.7 <sup>a</sup>	135.1 <sup>a</sup>	125.4 <sup>b</sup>	3.34	22.1
S 9	145.3 <sup>a</sup>	143.4 <sup>a</sup>	142.9 <sup>a</sup>	145.9 <sup>a</sup>	148.5 <sup>a</sup>	140.3 <sup>a</sup>	3.77	22.7
S 10	157.7 <sup>a</sup>	154.9 <sup>a</sup>	154.2 <sup>a</sup>	158.3 <sup>a</sup>	161.0 <sup>a</sup>	151.6 <sup>a</sup>	4.26	18.7

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 8. Comparación de medias para altura de planta (cm) en altura de planta al corte de 178.4 cm (APC2), con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el primer período de crecimiento en el año 2013.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 3	17.3 <sup>a</sup>	17.6 <sup>a</sup>	17.5 <sup>a</sup>	17.5 <sup>a</sup>	16.7 <sup>b</sup>	18.2 <sup>a</sup>	0.36	25.9
S 4	21.4 <sup>a</sup>	20.9 <sup>a</sup>	20.9 <sup>a</sup>	21.4 <sup>a</sup>	20.2 <sup>b</sup>	22.1 <sup>a</sup>	0.35	24.8
S 5	30.4 <sup>a</sup>	28.9 <sup>a</sup>	29.0 <sup>a</sup>	30.3 <sup>a</sup>	27.3 <sup>b</sup>	32.0 <sup>a</sup>	0.65	28.1
S 6	50.2 <sup>a</sup>	47.3 <sup>a</sup>	47.2 <sup>a</sup>	50.2 <sup>a</sup>	43.0 <sup>b</sup>	54.5 <sup>a</sup>	1.12	28.3
S 7	93.9 <sup>a</sup>	83.8 <sup>b</sup>	87.1 <sup>a</sup>	90.6 <sup>a</sup>	85.8 <sup>a</sup>	91.9 <sup>a</sup>	2.51	29.3
S 8	118.9 <sup>a</sup>	113.4 <sup>a</sup>	115.0 <sup>a</sup>	117.2 <sup>a</sup>	119.8 <sup>a</sup>	112.4 <sup>b</sup>	2.52	27.1
S 9	140.7 <sup>a</sup>	128.0 <sup>b</sup>	131.1 <sup>a</sup>	137.7 <sup>a</sup>	146.1 <sup>a</sup>	122.7 <sup>b</sup>	3.61	28.9
S 10	154.4 <sup>a</sup>	144.3 <sup>b</sup>	146.7 <sup>a</sup>	152.0 <sup>a</sup>	161.6 <sup>a</sup>	137.0 <sup>b</sup>	3.26	30.6
S 11	170.0 <sup>a</sup>	161.6 <sup>a</sup>	161.2 <sup>a</sup>	170.5 <sup>a</sup>	180.5 <sup>a</sup>	151.1 <sup>b</sup>	3.83	28.1
S 12	184.1 <sup>a</sup>	176.3 <sup>a</sup>	173.3 <sup>b</sup>	187.0 <sup>a</sup>	197.1 <sup>a</sup>	163.3 <sup>b</sup>	4.54	28.2

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 9. Comparación de medias para altura de planta (cm) en APC2, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleífera* para forraje, durante el segundo período de crecimiento en el año 2013.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 2	32.2 <sup>a</sup>	33.2 <sup>a</sup>	30.6 <sup>b</sup>	34.9 <sup>a</sup>	35.5 <sup>a</sup>	29.9 <sup>b</sup>	0.98	29.9
S 3	67.1 <sup>a</sup>	63.8 <sup>a</sup>	60.4 <sup>b</sup>	70.5 <sup>a</sup>	71.2 <sup>a</sup>	59.7 <sup>b</sup>	1.82	31.1
S 4	108.7 <sup>a</sup>	103.3 <sup>a</sup>	99.5 <sup>b</sup>	112.5 <sup>a</sup>	115.4 <sup>a</sup>	96.6 <sup>b</sup>	2.63	31.0
S 5	133.4 <sup>a</sup>	132.3 <sup>a</sup>	128.8 <sup>b</sup>	136.9 <sup>a</sup>	143.2 <sup>a</sup>	122.5 <sup>b</sup>	2.79	29.2
S 6	145.7 <sup>a</sup>	146.9 <sup>a</sup>	144.8 <sup>a</sup>	147.8 <sup>a</sup>	158.2 <sup>a</sup>	134.4 <sup>b</sup>	3.10	28.1
S 7	158.5 <sup>a</sup>	160.2 <sup>a</sup>	159.0 <sup>a</sup>	159.6 <sup>a</sup>	171.7 <sup>a</sup>	146.9 <sup>b</sup>	4.16	27.6
S 8	177.9 <sup>a</sup>	183.3 <sup>a</sup>	180.5 <sup>a</sup>	180.7 <sup>a</sup>	194.3 <sup>a</sup>	166.9 <sup>b</sup>	5.11	26.7
S 9	187.1 <sup>a</sup>	192.9 <sup>a</sup>	191.5 <sup>a</sup>	188.5 <sup>a</sup>	204.5 <sup>a</sup>	175.5 <sup>b</sup>	5.42	25.0

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 10. Comparación de medias para altura de planta (cm) en APC2, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el tercer período de crecimiento en el año 2013.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 2	31.0 <sup>a</sup>	32.8 <sup>a</sup>	30.9 <sup>a</sup>	32.9 <sup>a</sup>	33.9 <sup>a</sup>	29.9 <sup>b</sup>	0.99	26.9
S 3	46.7 <sup>a</sup>	51.0 <sup>a</sup>	48.9 <sup>a</sup>	48.9 <sup>a</sup>	51.9 <sup>a</sup>	45.9 <sup>b</sup>	1.97	26.4
S 4	59.8 <sup>a</sup>	63.2 <sup>a</sup>	61.1 <sup>a</sup>	62.0 <sup>a</sup>	65.7 <sup>a</sup>	57.4 <sup>b</sup>	2.21	23.1
S 5	76.7 <sup>a</sup>	80.3 <sup>a</sup>	79.2 <sup>a</sup>	77.8 <sup>a</sup>	83.0 <sup>a</sup>	74.0 <sup>b</sup>	2.52	21.8
S 6	86.4 <sup>a</sup>	90.3 <sup>a</sup>	88.8 <sup>a</sup>	87.9 <sup>a</sup>	93.9 <sup>a</sup>	82.8 <sup>b</sup>	2.76	20.5
S 7	105.6 <sup>a</sup>	107.7 <sup>a</sup>	107.1 <sup>a</sup>	106.2 <sup>a</sup>	112.9 <sup>a</sup>	100.4 <sup>b</sup>	2.87	23.4
S 8	111.6 <sup>a</sup>	116.7 <sup>a</sup>	113.7 <sup>a</sup>	114.5 <sup>a</sup>	122.7 <sup>a</sup>	105.6 <sup>b</sup>	3.01	18.2
S 9	113.2 <sup>a</sup>	117.7 <sup>a</sup>	115.7 <sup>a</sup>	115.3 <sup>a</sup>	124.4 <sup>a</sup>	106.5 <sup>b</sup>	2.96	16.2
S 10	120.5 <sup>a</sup>	125.8 <sup>a</sup>	123.6 <sup>a</sup>	122.8 <sup>a</sup>	133.4 <sup>a</sup>	113.0 <sup>b</sup>	3.25	19.5
S 11	121.6 <sup>a</sup>	126.4 <sup>a</sup>	124.1 <sup>a</sup>	124.0 <sup>a</sup>	134.3 <sup>a</sup>	113.8 <sup>b</sup>	3.20	11.5
S 12	123.2 <sup>a</sup>	128.5 <sup>a</sup>	125.8 <sup>a</sup>	125.9 <sup>a</sup>	136.4 <sup>a</sup>	115.3 <sup>b</sup>	3.31	17.2
S 13	123.2 <sup>a</sup>	128.9 <sup>a</sup>	125.9 <sup>a</sup>	126.2 <sup>a</sup>	136.6 <sup>a</sup>	115.5 <sup>b</sup>	3.30	12.1
S 14	123.5 <sup>a</sup>	129.8 <sup>a</sup>	126.4 <sup>a</sup>	126.9 <sup>a</sup>	137.4 <sup>a</sup>	115.9 <sup>b</sup>	3.39	18.0
S 15	122.7 <sup>a</sup>	129.6 <sup>a</sup>	125.7 <sup>a</sup>	126.6 <sup>a</sup>	136.9 <sup>a</sup>	115.4 <sup>b</sup>	3.37	11.2
S 16	122.1 <sup>a</sup>	129.6 <sup>a</sup>	125.3 <sup>a</sup>	126.4 <sup>a</sup>	136.6 <sup>a</sup>	115.2 <sup>b</sup>	3.38	11.5
S 17	122.1 <sup>a</sup>	129.6 <sup>a</sup>	125.3 <sup>a</sup>	126.4 <sup>a</sup>	136.6 <sup>a</sup>	115.2 <sup>b</sup>	3.38	12.5
S 18	122.1 <sup>a</sup>	129.8 <sup>a</sup>	125.4 <sup>a</sup>	126.5 <sup>a</sup>	136.6 <sup>a</sup>	115.3 <sup>b</sup>	3.39	16.4
S 19	121.9 <sup>a</sup>	129.6 <sup>a</sup>	125.3 <sup>a</sup>	126.2 <sup>a</sup>	136.5 <sup>a</sup>	115.1 <sup>b</sup>	3.41	14.2
S 20	122.3 <sup>a</sup>	130.2 <sup>a</sup>	125.6 <sup>a</sup>	126.9 <sup>a</sup>	136.9 <sup>a</sup>	115.5 <sup>b</sup>	3.50	14.5

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 11. Comparación de medias para altura de planta (cm) en APC2, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el primer período de crecimiento en el año 2014.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 6	20.7 <sup>a</sup>	20.1 <sup>a</sup>	18.3 <sup>b</sup>	22.4 <sup>a</sup>	20.3 <sup>a</sup>	20.4 <sup>a</sup>	0.89	17.7
S 7	22.9 <sup>a</sup>	22.3 <sup>a</sup>	20.8 <sup>b</sup>	24.4 <sup>a</sup>	23.6 <sup>a</sup>	21.7 <sup>a</sup>	0.68	21.1
S 8	25.2 <sup>a</sup>	24.5 <sup>a</sup>	23.0 <sup>b</sup>	26.8 <sup>a</sup>	26.2 <sup>a</sup>	23.5 <sup>b</sup>	0.85	20.0
S 9	34.3 <sup>a</sup>	33.8 <sup>a</sup>	32.2 <sup>b</sup>	35.8 <sup>a</sup>	36.4 <sup>a</sup>	31.6 <sup>b</sup>	1.27	24.8
S 10	47.0 <sup>a</sup>	47.2 <sup>a</sup>	45.3 <sup>a</sup>	48.9 <sup>a</sup>	51.0 <sup>a</sup>	43.2 <sup>b</sup>	1.95	23.7
S 11	57.4 <sup>a</sup>	57.3 <sup>a</sup>	57.1 <sup>a</sup>	57.6 <sup>a</sup>	62.2 <sup>a</sup>	52.5 <sup>b</sup>	2.18	20.3
S 12	73.0 <sup>a</sup>	74.2 <sup>a</sup>	75.3 <sup>a</sup>	71.9 <sup>a</sup>	79.4 <sup>a</sup>	67.8 <sup>b</sup>	2.60	25.3
S 13	90.3 <sup>a</sup>	92.4 <sup>a</sup>	95.0 <sup>a</sup>	87.7 <sup>a</sup>	98.7 <sup>a</sup>	84.0 <sup>b</sup>	3.15	24.7
S 14	113.8 <sup>a</sup>	117.7 <sup>a</sup>	120.7 <sup>a</sup>	110.7 <sup>b</sup>	124.8 <sup>a</sup>	106.6 <sup>b</sup>	3.54	27.1
S 15	127.0 <sup>a</sup>	129.4 <sup>a</sup>	133.0 <sup>a</sup>	123.4 <sup>a</sup>	137.3 <sup>a</sup>	119.1 <sup>b</sup>	3.64	23.0
S 16	147.4 <sup>a</sup>	152.3 <sup>a</sup>	154.3 <sup>a</sup>	145.4 <sup>a</sup>	159.8 <sup>a</sup>	139.9 <sup>b</sup>	3.82	25.9
S 17	168.9 <sup>a</sup>	176.1 <sup>a</sup>	176.6 <sup>a</sup>	168.3 <sup>a</sup>	183.6 <sup>a</sup>	161.3 <sup>b</sup>	4.55	28.6
S 18	187.0 <sup>a</sup>	195.2 <sup>a</sup>	194.3 <sup>a</sup>	187.9 <sup>a</sup>	202.8 <sup>a</sup>	179.4 <sup>b</sup>	5.23	28.6

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 12. Comparación de medias para altura de planta (cm) en APC2, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el segundo período de crecimiento en el año 2014.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 1	23.7 <sup>a</sup>	25.2 <sup>a</sup>	24.3 <sup>a</sup>	24.6 <sup>a</sup>	24.5 <sup>a</sup>	24.5 <sup>a</sup>	0.62	29.7
S 2	34.0 <sup>a</sup>	36.9 <sup>a</sup>	34.9 <sup>a</sup>	35.9 <sup>a</sup>	35.8 <sup>a</sup>	35.1 <sup>a</sup>	1.16	26.9
S 3	53.5 <sup>a</sup>	58.4 <sup>a</sup>	54.6 <sup>a</sup>	57.2 <sup>a</sup>	57.1 <sup>a</sup>	54.8 <sup>a</sup>	2.36	27.9
S 4	78.6 <sup>a</sup>	83.3 <sup>a</sup>	80.7 <sup>a</sup>	81.2 <sup>a</sup>	83.1 <sup>a</sup>	78.8 <sup>a</sup>	2.89	28.2
S 5	103.6 <sup>a</sup>	107.4 <sup>a</sup>	106.1 <sup>a</sup>	104.9 <sup>a</sup>	109.7 <sup>a</sup>	101.3 <sup>a</sup>	3.13	26.4
S 6	122.6 <sup>a</sup>	128.8 <sup>a</sup>	127.7 <sup>a</sup>	123.6 <sup>a</sup>	132.7 <sup>a</sup>	118.6 <sup>b</sup>	3.49	30.0
S 7	156.0 <sup>a</sup>	162.0 <sup>a</sup>	161.4 <sup>a</sup>	156.5 <sup>a</sup>	166.8 <sup>a</sup>	151.2 <sup>b</sup>	3.68	30.7
S 8	180.1 <sup>a</sup>	186.3 <sup>a</sup>	185.7 <sup>a</sup>	180.7 <sup>a</sup>	191.6 <sup>a</sup>	174.8 <sup>b</sup>	3.89	30.5

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 13. Comparación de medias para altura de planta (cm) en APC2, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el tercer período de crecimiento en el año 2014.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 2	33.3 <sup>a</sup>	34.9 <sup>a</sup>	33.2 <sup>a</sup>	35.0 <sup>a</sup>	35.0 <sup>a</sup>	33.2 <sup>a</sup>	1.43	29.9
S 3	49.9 <sup>a</sup>	51.9 <sup>a</sup>	48.4 <sup>a</sup>	53.3 <sup>a</sup>	51.6 <sup>a</sup>	50.1 <sup>a</sup>	2.29	29.9
S 4	79.2 <sup>a</sup>	80.1 <sup>a</sup>	75.1 <sup>b</sup>	84.2 <sup>a</sup>	81.4 <sup>a</sup>	77.9 <sup>a</sup>	2.87	30.1
S 5	101.4 <sup>a</sup>	103.4 <sup>a</sup>	98.3 <sup>a</sup>	106.4 <sup>a</sup>	105.3 <sup>a</sup>	99.5 <sup>a</sup>	3.29	26.3
S 6	128.2 <sup>a</sup>	129.8 <sup>a</sup>	126.0 <sup>a</sup>	132.0 <sup>a</sup>	133.1 <sup>a</sup>	124.9 <sup>a</sup>	3.63	26.5
S 7	147.5 <sup>a</sup>	149.4 <sup>a</sup>	144.9 <sup>a</sup>	152.0 <sup>a</sup>	153.4 <sup>a</sup>	143.5 <sup>a</sup>	4.21	25.3
S 8	176.5 <sup>a</sup>	179.6 <sup>a</sup>	174.7 <sup>a</sup>	181.4 <sup>a</sup>	184.5 <sup>a</sup>	171.6 <sup>b</sup>	4.38	24.1
S 9	198.3 <sup>a</sup>	201.8 <sup>a</sup>	197.1 <sup>a</sup>	203.0 <sup>a</sup>	207.4 <sup>a</sup>	192.7 <sup>b</sup>	4.91	25.6

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 14. Comparación de medias para diámetro de tallo (mm) en altura de planta al corte de 145.7 cm (APC1), con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el primer período de crecimiento en el año 2013.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 3	2.9 <sup>a</sup>	2.9 <sup>a</sup>	2.9 <sup>a</sup>	2.9 <sup>a</sup>	2.8 <sup>b</sup>	3.0 <sup>a</sup>	0.05	25.9
S 4	4.2 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	0.11	24.8
S 5	6.1 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	0.18	28.1
S 6	8.1 <sup>a</sup>	8.2 <sup>a</sup>	8.4 <sup>a</sup>	7.9 <sup>a</sup>	8.4 <sup>a</sup>	7.8 <sup>a</sup>	0.28	28.4
S 7	11.2 <sup>a</sup>	11.4 <sup>a</sup>	11.5 <sup>a</sup>	11.1 <sup>a</sup>	12.6 <sup>a</sup>	10.1 <sup>b</sup>	0.42	29.3
S 8	13.3 <sup>a</sup>	13.5 <sup>a</sup>	13.8 <sup>a</sup>	13.1 <sup>a</sup>	15.3 <sup>a</sup>	11.5 <sup>b</sup>	0.52	27.1
S 9	15.2 <sup>a</sup>	15.0 <sup>a</sup>	15.5 <sup>a</sup>	14.7 <sup>a</sup>	17.5 <sup>a</sup>	12.7 <sup>b</sup>	0.64	28.9

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 15. Comparación de medias para diámetro de tallo (mm) en APC1, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el segundo período de crecimiento en el año 2013.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 2	1.7 <sup>a</sup>	2.3 <sup>a</sup>	2.4 <sup>a</sup>	1.5 <sup>b</sup>	2.5 <sup>a</sup>	1.5 <sup>b</sup>	0.25	28.1
S 3	3.3 <sup>b</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	3.1 <sup>b</sup>	4.2 <sup>a</sup>	3.3 <sup>b</sup>	0.28	28.2
S 4	5.6 <sup>b</sup>	7.1 <sup>a</sup>	7.5 <sup>a</sup>	5.1 <sup>b</sup>	7.1 <sup>a</sup>	5.5 <sup>b</sup>	0.41	27.3
S 5	10.9 <sup>a</sup>	10.6 <sup>a</sup>	11.5 <sup>a</sup>	10.0 <sup>b</sup>	12.1 <sup>a</sup>	9.4 <sup>b</sup>	0.39	29.9
S 6	13.1 <sup>a</sup>	13.2 <sup>a</sup>	13.6 <sup>a</sup>	12.7 <sup>a</sup>	14.8 <sup>a</sup>	11.5 <sup>b</sup>	0.51	31.1
S 7	15.4 <sup>a</sup>	15.6 <sup>a</sup>	15.8 <sup>a</sup>	15.2 <sup>a</sup>	17.3 <sup>a</sup>	13.7 <sup>b</sup>	0.71	31.0

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 16. Comparación de medias para diámetro de tallo (mm) en APC1, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el tercer período de crecimiento en el año 2013.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 2	5.0 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	4.3 <sup>b</sup>	5.5 <sup>a</sup>	4.3 <sup>b</sup>	0.22	28.1
S 3	6.4 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	5.6 <sup>b</sup>	7.1 <sup>a</sup>	5.6 <sup>b</sup>	0.34	27.6
S 4	7.8 <sup>a</sup>	7.9 <sup>a</sup>	8.7 <sup>a</sup>	7.0 <sup>b</sup>	8.8 <sup>a</sup>	6.9 <sup>b</sup>	0.40	26.7
S 5	9.9 <sup>a</sup>	10.1 <sup>a</sup>	10.9 <sup>a</sup>	9.1 <sup>b</sup>	11.1 <sup>a</sup>	8.9 <sup>b</sup>	0.53	25.0
S 6	10.7 <sup>a</sup>	11.5 <sup>a</sup>	11.5 <sup>a</sup>	10.7 <sup>a</sup>	12.8 <sup>a</sup>	9.5 <sup>b</sup>	0.60	24.1
S 7	12.9 <sup>a</sup>	13.8 <sup>a</sup>	13.5 <sup>a</sup>	13.2 <sup>a</sup>	15.2 <sup>a</sup>	11.5 <sup>b</sup>	0.71	26.9
S 8	15.8 <sup>a</sup>	16.4 <sup>a</sup>	16.2 <sup>a</sup>	16.1 <sup>a</sup>	18.1 <sup>a</sup>	14.1 <sup>b</sup>	0.96	26.4

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 17. Comparación de medias para diámetro de tallo (mm) en APC1, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el período intermedio de crecimiento entre los años 2013 y 2014.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 2	2.8 <sup>a</sup>	2.9 <sup>a</sup>	2.9 <sup>a</sup>	2.8 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	2.7 <sup>a</sup>	0.10	21.8
S 3	3.7 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	3.4 <sup>b</sup>	0.15	20.5
S 4	4.1 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.0 <sup>b</sup>	4.7 <sup>a</sup>	3.9 <sup>b</sup>	0.18	23.4
S 5	4.9 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	4.8 <sup>b</sup>	5.8 <sup>a</sup>	4.6 <sup>b</sup>	0.26	18.2
S 6	4.7 <sup>b</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	4.5 <sup>b</sup>	0.24	16.2
S 7	5.0 <sup>b</sup>	6.0 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	4.8 <sup>b</sup>	0.26	19.5
S 8	5.2 <sup>b</sup>	6.0 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	5.2 <sup>b</sup>	6.3 <sup>a</sup>	4.8 <sup>b</sup>	0.25	11.5
S 9	5.4 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	5.4 <sup>b</sup>	6.5 <sup>a</sup>	5.1 <sup>b</sup>	0.27	17.2
S 10	5.4 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	5.1 <sup>b</sup>	0.28	12.1
S 11	5.9 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	5.6 <sup>b</sup>	0.30	18.0
S 12	5.8 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	5.4 <sup>b</sup>	0.30	11.2
S 13	6.0 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	5.4 <sup>b</sup>	0.31	11.5
S 14	6.0 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	5.4 <sup>b</sup>	0.31	12.5
S 15	6.0 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	7.4 <sup>a</sup>	5.5 <sup>b</sup>	0.32	16.4
S 16	6.2 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	7.5 <sup>a</sup>	5.7 <sup>b</sup>	0.34	14.2
S 17	6.2 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	7.5 <sup>a</sup>	5.8 <sup>b</sup>	0.34	14.5
S 18	6.2 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	7.5 <sup>a</sup>	5.8 <sup>b</sup>	0.35	9.6
S 19	6.3 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	7.5 <sup>a</sup>	5.8 <sup>b</sup>	0.36	16.9
S 20	6.1 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	7.4 <sup>a</sup>	5.8 <sup>b</sup>	0.39	21.9
S 21	5.7 <sup>b</sup>	6.9 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	5.5 <sup>b</sup>	0.35	19.7
S 22	5.7 <sup>b</sup>	7.0 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	7.2 <sup>a</sup>	5.5 <sup>b</sup>	0.38	15.5
S 23	5.7 <sup>b</sup>	7.0 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	7.2 <sup>a</sup>	5.5 <sup>b</sup>	0.38	17.7
S 24	5.9 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	7.4 <sup>a</sup>	5.4 <sup>b</sup>	0.40	21.1
S 25	6.4 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	8.0 <sup>a</sup>	5.7 <sup>b</sup>	0.46	19.9
S 26	6.8 <sup>a</sup>	7.4 <sup>a</sup>	7.6 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	8.3 <sup>a</sup>	6.0 <sup>b</sup>	0.48	24.8
S 27	7.3 <sup>a</sup>	8.0 <sup>a</sup>	8.2 <sup>a</sup>	7.2 <sup>a</sup>	9.0 <sup>a</sup>	6.3 <sup>b</sup>	0.52	23.7
S 28	8.2 <sup>a</sup>	8.8 <sup>a</sup>	9.1 <sup>a</sup>	8.0 <sup>a</sup>	10.0 <sup>a</sup>	7.1 <sup>b</sup>	0.60	20.3
S 29	9.6 <sup>a</sup>	10.0 <sup>a</sup>	10.4 <sup>a</sup>	9.1 <sup>a</sup>	11.4 <sup>a</sup>	8.1 <sup>b</sup>	0.76	25.2
S 30	10.5 <sup>a</sup>	10.8 <sup>a</sup>	11.3 <sup>a</sup>	10.0 <sup>a</sup>	12.6 <sup>a</sup>	8.6 <sup>b</sup>	0.87	24.7
S 31	12.4 <sup>a</sup>	12.0 <sup>a</sup>	12.7 <sup>a</sup>	11.8 <sup>a</sup>	14.8 <sup>a</sup>	9.6 <sup>b</sup>	0.99	27.1
S 32	14.1 <sup>a</sup>	14.6 <sup>a</sup>	14.9 <sup>a</sup>	13.8 <sup>a</sup>	16.8 <sup>a</sup>	11.9 <sup>b</sup>	0.94	23.0
S 33	14.2 <sup>a</sup>	14.7 <sup>a</sup>	15.0 <sup>a</sup>	13.9 <sup>a</sup>	17.0 <sup>a</sup>	11.9 <sup>b</sup>	0.95	25.9

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 18. Comparación de medias para diámetro de tallo (mm) en APC1, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el primer período de crecimiento en el año 2014.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 2	3.1 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	0.17	28.6
S 3	4.8 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	0.32	29.7
S 4	6.6 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	7.2 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	0.38	26.9
S 5	9.2 <sup>a</sup>	9.3 <sup>a</sup>	9.6 <sup>a</sup>	8.9 <sup>a</sup>	10.1 <sup>a</sup>	8.5 <sup>b</sup>	0.53	27.9
S 6	10.6 <sup>a</sup>	10.9 <sup>a</sup>	11.1 <sup>a</sup>	10.3 <sup>a</sup>	11.9 <sup>a</sup>	9.6 <sup>b</sup>	0.61	28.2
S 7	13.1 <sup>a</sup>	13.4 <sup>a</sup>	13.7 <sup>a</sup>	12.8 <sup>a</sup>	14.8 <sup>a</sup>	11.7 <sup>b</sup>	0.65	26.4
S 8	13.9 <sup>a</sup>	14.2 <sup>a</sup>	14.5 <sup>a</sup>	13.6 <sup>a</sup>	15.5 <sup>a</sup>	12.6 <sup>b</sup>	0.68	30.0

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 19. Comparación de medias para diámetro de tallo (mm) en APC1, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el segundo período de crecimiento en el año 2014.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 2	3.4 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	0.26	30.5
S 3	6.5 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	6.0 <sup>b</sup>	0.36	28.8
S 4	9.0 <sup>a</sup>	9.6 <sup>a</sup>	9.2 <sup>a</sup>	9.4 <sup>a</sup>	9.9 <sup>a</sup>	8.7 <sup>a</sup>	0.48	29.9
S 5	10.3 <sup>a</sup>	11.1 <sup>a</sup>	10.8 <sup>a</sup>	10.6 <sup>a</sup>	11.5 <sup>a</sup>	9.9 <sup>b</sup>	0.56	29.9
S 6	12.9 <sup>a</sup>	13.6 <sup>a</sup>	13.3 <sup>a</sup>	13.1 <sup>a</sup>	14.2 <sup>a</sup>	12.3 <sup>a</sup>	0.71	30.1

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 20. Comparación de medias para diámetro de tallo (mm) en APC1, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el tercer período de crecimiento en el año 2014.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 2	3.8 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	0.21	26.5
S 3	5.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	4.5 <sup>b</sup>	0.27	25.3
S 4	6.6 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	7.5 <sup>a</sup>	6.0 <sup>b</sup>	0.36	24.1
S 5	8.5 <sup>a</sup>	8.4 <sup>a</sup>	8.6 <sup>a</sup>	8.2 <sup>a</sup>	9.4 <sup>a</sup>	7.4 <sup>b</sup>	0.46	25.6
S 6	10.9 <sup>a</sup>	10.7 <sup>a</sup>	11.0 <sup>a</sup>	10.6 <sup>a</sup>	12.1 <sup>a</sup>	9.5 <sup>b</sup>	0.59	26.2
S 7	11.8 <sup>a</sup>	11.6 <sup>a</sup>	11.7 <sup>a</sup>	11.6 <sup>a</sup>	12.7 <sup>a</sup>	10.6 <sup>b</sup>	0.63	23.7
S 8	13.1 <sup>a</sup>	13.0 <sup>a</sup>	12.9 <sup>a</sup>	13.2 <sup>a</sup>	13.8 <sup>a</sup>	12.3 <sup>a</sup>	0.71	22.1
S 9	13.8 <sup>a</sup>	13.6 <sup>a</sup>	13.6 <sup>a</sup>	13.8 <sup>a</sup>	14.6 <sup>a</sup>	12.8 <sup>a</sup>	0.69	22.7
S 10	14.5 <sup>a</sup>	14.1 <sup>a</sup>	14.3 <sup>a</sup>	14.3 <sup>a</sup>	15.2 <sup>a</sup>	13.4 <sup>a</sup>	0.67	18.7

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 21. Comparación de medias para diámetro de tallo (mm) en altura de planta al corte de 178.4 cm (APC2), con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el primer período de crecimiento en el año 2013.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 3	2.9 <sup>a</sup>	2.8 <sup>a</sup>	2.8 <sup>a</sup>	2.9 <sup>a</sup>	2.8 <sup>a</sup>	2.9 <sup>a</sup>	0.06	25.9
S 4	4.3 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	0.11	24.8
S 5	6.4 <sup>a</sup>	5.8 <sup>b</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	0.18	28.1
S 6	8.9 <sup>a</sup>	8.0 <sup>b</sup>	8.4 <sup>a</sup>	8.5 <sup>a</sup>	9.0 <sup>a</sup>	7.9 <sup>b</sup>	0.28	28.3
S 7	12.6 <sup>a</sup>	11.6 <sup>a</sup>	12.2 <sup>a</sup>	12.0 <sup>a</sup>	13.4 <sup>a</sup>	10.8 <sup>b</sup>	0.41	29.3
S 8	15.5 <sup>a</sup>	13.5 <sup>b</sup>	14.5 <sup>a</sup>	14.5 <sup>a</sup>	16.1 <sup>a</sup>	12.9 <sup>b</sup>	0.48	27.1
S 9	16.6 <sup>a</sup>	14.8 <sup>b</sup>	15.6 <sup>a</sup>	15.9 <sup>a</sup>	18.3 <sup>a</sup>	13.2 <sup>b</sup>	0.58	28.9
S 10	18.2 <sup>a</sup>	15.8 <sup>b</sup>	16.8 <sup>a</sup>	17.2 <sup>a</sup>	19.4 <sup>a</sup>	14.5 <sup>b</sup>	0.67	30.6
S 11	19.8 <sup>a</sup>	17.4 <sup>b</sup>	18.4 <sup>a</sup>	18.8 <sup>a</sup>	21.4 <sup>a</sup>	15.8 <sup>b</sup>	0.72	28.1
S 12	20.9 <sup>a</sup>	18.2 <sup>b</sup>	19.6 <sup>a</sup>	19.5 <sup>a</sup>	22.4 <sup>a</sup>	16.6 <sup>b</sup>	0.81	28.2

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 22. Comparación de medias para diámetro de tallo (mm) en APC2, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el segundo período de crecimiento en el año 2013.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 2	5.6 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	4.8 <sup>b</sup>	0.22	29.9
S 3	8.1 <sup>a</sup>	8.1 <sup>a</sup>	7.7 <sup>a</sup>	8.5 <sup>a</sup>	9.4 <sup>a</sup>	6.8 <sup>b</sup>	0.35	31.1
S 4	12.4 <sup>a</sup>	12.1 <sup>a</sup>	11.8 <sup>a</sup>	12.7 <sup>a</sup>	14.2 <sup>a</sup>	10.3 <sup>b</sup>	0.50	31.0
S 5	14.8 <sup>a</sup>	15.1 <sup>a</sup>	14.3 <sup>a</sup>	15.6 <sup>a</sup>	17.1 <sup>a</sup>	12.8 <sup>b</sup>	0.59	29.2
S 6	14.7 <sup>a</sup>	15.7 <sup>a</sup>	14.5 <sup>a</sup>	15.9 <sup>a</sup>	17.5 <sup>a</sup>	12.9 <sup>b</sup>	0.64	28.1
S 7	16.9 <sup>a</sup>	17.0 <sup>a</sup>	16.5 <sup>a</sup>	17.3 <sup>a</sup>	19.8 <sup>a</sup>	14.0 <sup>b</sup>	0.74	27.6
S 8	17.9 <sup>a</sup>	19.4 <sup>a</sup>	18.5 <sup>a</sup>	18.8 <sup>a</sup>	21.2 <sup>a</sup>	16.2 <sup>b</sup>	0.88	26.7
S 9	18.0 <sup>a</sup>	19.5 <sup>a</sup>	18.7 <sup>a</sup>	18.9 <sup>a</sup>	21.4 <sup>a</sup>	16.2 <sup>b</sup>	0.90	25.0

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno ( $0 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ); F 2 = Fertilización con nitrógeno ( $400 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas  $\text{m}^{-2}$ ; D2 = Densidad de población de 33 plantas  $\text{m}^{-2}$ ; Temp = Temperatura media ambiental ( $^{\circ}\text{C}$ ). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 23. Comparación de medias para diámetro de tallo (mm) en APC2, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el tercer período de crecimiento en el año 2013.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 2	4.6 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	4.2 <sup>b</sup>	0.25	26.9
S 3	5.6 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	5.1 <sup>b</sup>	0.27	26.4
S 4	7.1 <sup>a</sup>	7.5 <sup>a</sup>	7.7 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	8.1 <sup>a</sup>	6.5 <sup>b</sup>	0.34	23.1
S 5	8.1 <sup>a</sup>	8.6 <sup>a</sup>	8.8 <sup>a</sup>	7.9 <sup>a</sup>	9.5 <sup>a</sup>	7.2 <sup>b</sup>	0.38	21.8
S 6	9.5 <sup>a</sup>	10.3 <sup>a</sup>	10.6 <sup>a</sup>	9.2 <sup>a</sup>	11.3 <sup>a</sup>	8.5 <sup>b</sup>	0.48	20.5
S 7	10.7 <sup>a</sup>	11.2 <sup>a</sup>	11.5 <sup>a</sup>	10.4 <sup>a</sup>	12.3 <sup>a</sup>	9.6 <sup>b</sup>	0.49	23.4
S 8	12.1 <sup>a</sup>	13.0 <sup>a</sup>	12.7 <sup>a</sup>	12.4 <sup>a</sup>	14.0 <sup>a</sup>	11.1 <sup>b</sup>	0.52	18.2
S 9	12.1 <sup>a</sup>	13.0 <sup>a</sup>	12.6 <sup>a</sup>	12.5 <sup>a</sup>	14.2 <sup>a</sup>	10.9 <sup>b</sup>	0.57	16.2
S 10	13.0 <sup>a</sup>	13.6 <sup>a</sup>	13.5 <sup>a</sup>	13.1 <sup>a</sup>	15.3 <sup>a</sup>	11.3 <sup>b</sup>	0.60	19.5
S 11	12.4 <sup>a</sup>	13.6 <sup>a</sup>	13.1 <sup>a</sup>	12.9 <sup>a</sup>	14.8 <sup>a</sup>	11.2 <sup>b</sup>	0.56	11.5
S 12	12.0 <sup>a</sup>	13.6 <sup>a</sup>	12.9 <sup>a</sup>	12.7 <sup>a</sup>	14.6 <sup>a</sup>	11.0 <sup>b</sup>	0.58	17.2
S 13	12.0 <sup>b</sup>	13.7 <sup>a</sup>	13.0 <sup>a</sup>	12.8 <sup>a</sup>	14.6 <sup>a</sup>	11.2 <sup>b</sup>	0.57	12.1
S 14	12.4 <sup>b</sup>	14.2 <sup>a</sup>	13.5 <sup>a</sup>	13.1 <sup>a</sup>	14.9 <sup>a</sup>	11.8 <sup>b</sup>	0.59	18.0
S 15	12.3 <sup>b</sup>	14.4 <sup>a</sup>	13.6 <sup>a</sup>	13.2 <sup>a</sup>	14.9 <sup>a</sup>	11.9 <sup>b</sup>	0.61	11.2
S 16	12.6 <sup>b</sup>	15.1 <sup>a</sup>	14.2 <sup>a</sup>	13.6 <sup>a</sup>	15.4 <sup>a</sup>	12.4 <sup>b</sup>	0.64	11.5
S 17	12.6 <sup>b</sup>	15.1 <sup>a</sup>	14.2 <sup>a</sup>	13.6 <sup>a</sup>	15.4 <sup>a</sup>	12.4 <sup>b</sup>	0.64	12.5
S 18	12.7 <sup>b</sup>	15.3 <sup>a</sup>	14.3 <sup>a</sup>	13.7 <sup>a</sup>	15.5 <sup>a</sup>	12.5 <sup>b</sup>	0.64	16.4
S 19	12.8 <sup>b</sup>	15.4 <sup>a</sup>	14.4 <sup>a</sup>	13.8 <sup>a</sup>	15.6 <sup>a</sup>	12.6 <sup>b</sup>	0.64	14.2
S 20	13.8 <sup>b</sup>	16.1 <sup>a</sup>	15.3 <sup>a</sup>	14.6 <sup>a</sup>	16.6 <sup>a</sup>	13.3 <sup>b</sup>	0.65	14.5

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 24. Comparación de medias para diámetro de tallo (mm) en APC2, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el primer período de crecimiento en el año 2014.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 6	2.8 <sup>a</sup>	2.6 <sup>a</sup>	2.2 <sup>b</sup>	3.3 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	2.4 <sup>a</sup>	0.28	17.7
S 7	3.6 <sup>a</sup>	2.9 <sup>b</sup>	2.9 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	2.8 <sup>b</sup>	0.23	21.1
S 8	4.2 <sup>a</sup>	3.4 <sup>b</sup>	3.5 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	3.2 <sup>b</sup>	0.26	20.0
S 9	5.1 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	4.2 <sup>b</sup>	0.24	24.8
S 10	6.5 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	5.5 <sup>b</sup>	0.29	23.7
S 11	7.6 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	7.9 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	8.4 <sup>a</sup>	6.5 <sup>b</sup>	0.34	20.3
S 12	9.3 <sup>a</sup>	9.1 <sup>a</sup>	9.9 <sup>a</sup>	8.5 <sup>b</sup>	10.4 <sup>a</sup>	8.0 <sup>b</sup>	0.42	25.3
S 13	10.3 <sup>a</sup>	10.2 <sup>a</sup>	10.8 <sup>a</sup>	9.7 <sup>a</sup>	11.5 <sup>a</sup>	9.0 <sup>b</sup>	0.50	24.7
S 14	11.8 <sup>a</sup>	12.0 <sup>a</sup>	12.2 <sup>a</sup>	11.6 <sup>a</sup>	13.3 <sup>a</sup>	10.5 <sup>b</sup>	0.62	27.1
S 15	13.5 <sup>a</sup>	13.5 <sup>a</sup>	13.9 <sup>a</sup>	13.1 <sup>a</sup>	14.9 <sup>a</sup>	12.1 <sup>b</sup>	0.72	23.0
S 16	14.5 <sup>a</sup>	14.4 <sup>a</sup>	14.8 <sup>a</sup>	14.1 <sup>a</sup>	16.1 <sup>a</sup>	12.8 <sup>b</sup>	0.80	25.9
S 17	16.4 <sup>a</sup>	17.0 <sup>a</sup>	17.2 <sup>a</sup>	16.2 <sup>a</sup>	18.6 <sup>a</sup>	14.8 <sup>b</sup>	0.85	28.6
S 18	16.5 <sup>a</sup>	17.3 <sup>a</sup>	17.4 <sup>a</sup>	16.4 <sup>a</sup>	18.8 <sup>a</sup>	15.0 <sup>b</sup>	0.86	28.6

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 25. Comparación de medias para diámetro de tallo (mm) en APC2, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el segundo período de crecimiento en el año 2014.

	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 1	2.6 <sup>a</sup>	2.8 <sup>a</sup>	2.7 <sup>a</sup>	2.7 <sup>a</sup>	2.7 <sup>a</sup>	2.6 <sup>a</sup>	0.26	29.7
S 2	4.1 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	0.26	26.9
S 3	5.8 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	0.36	27.9
S 4	7.4 <sup>a</sup>	8.2 <sup>a</sup>	8.3 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	8.2 <sup>a</sup>	7.4 <sup>a</sup>	0.44	28.2
S 5	9.7 <sup>a</sup>	10.7 <sup>a</sup>	10.8 <sup>a</sup>	9.6 <sup>a</sup>	10.8 <sup>a</sup>	9.6 <sup>a</sup>	0.49	26.4
S 6	11.1 <sup>a</sup>	12.2 <sup>a</sup>	12.2 <sup>a</sup>	11.1 <sup>a</sup>	12.6 <sup>a</sup>	10.7 <sup>b</sup>	0.57	30.0
S 7	13.8 <sup>a</sup>	14.8 <sup>a</sup>	14.3 <sup>a</sup>	14.3 <sup>a</sup>	15.5 <sup>a</sup>	13.0 <sup>b</sup>	0.61	30.7
S 8	16.2 <sup>a</sup>	17.0 <sup>a</sup>	16.8 <sup>a</sup>	16.4 <sup>a</sup>	17.9 <sup>a</sup>	15.3 <sup>b</sup>	0.69	30.5

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 26. Comparación de medias para diámetro de tallo (mm) en APC2, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el tercer período de crecimiento en el año 2014.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 2	3.9 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	0.26	29.9
S 3	5.7 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	0.32	29.9
S 4	7.8 <sup>a</sup>	8.2 <sup>a</sup>	8.3 <sup>a</sup>	7.7 <sup>a</sup>	8.6 <sup>a</sup>	7.5 <sup>a</sup>	0.43	30.1
S 5	9.5 <sup>a</sup>	9.9 <sup>a</sup>	9.8 <sup>a</sup>	9.6 <sup>a</sup>	10.2 <sup>a</sup>	9.1 <sup>a</sup>	0.53	26.3
S 6	11.6 <sup>a</sup>	12.2 <sup>a</sup>	11.8 <sup>a</sup>	11.9 <sup>a</sup>	12.4 <sup>a</sup>	11.4 <sup>a</sup>	0.68	26.5
S 7	12.3 <sup>a</sup>	13.5 <sup>a</sup>	12.7 <sup>a</sup>	13.1 <sup>a</sup>	13.6 <sup>a</sup>	12.2 <sup>a</sup>	0.77	25.3
S 8	14.5 <sup>a</sup>	16.2 <sup>a</sup>	14.9 <sup>a</sup>	15.8 <sup>a</sup>	16.3 <sup>a</sup>	14.3 <sup>a</sup>	0.80	24.1
S 9	14.7 <sup>a</sup>	16.3 <sup>a</sup>	15.1 <sup>a</sup>	15.9 <sup>a</sup>	16.4 <sup>a</sup>	14.5 <sup>a</sup>	0.81	25.6

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 27. Comparación de medias para número de tallos en altura de planta al corte de 145.7 cm (APC1), con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante tres períodos de crecimiento en el año 2013 y cuatro períodos de crecimiento en el año 2014.

Período	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE
2013							
P 1	1.0 <sup>a</sup>	0.00					
P 2	2.3 <sup>a</sup>	2.2 <sup>a</sup>	2.2 <sup>a</sup>	2.3 <sup>a</sup>	2.7 <sup>a</sup>	1.8 <sup>b</sup>	0.14
P 3	3.4 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	3.0 <sup>b</sup>	3.7 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	2.7 <sup>b</sup>	0.20
2014							
P i	3.3 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	3.0 <sup>b</sup>	3.7 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	0.19
P 1	3.4 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	2.7 <sup>b</sup>	3.7 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	2.7 <sup>b</sup>	0.19
P 2	3.3 <sup>a</sup>	2.8 <sup>a</sup>	2.8 <sup>b</sup>	3.4 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	2.6 <sup>b</sup>	0.22
P 3	3.6 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	3.2 <sup>b</sup>	3.8 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	3.1 <sup>b</sup>	0.20

P 1, 2 y 3 = Período de crecimiento 1, 2 y 3, respectivamente; P i = Período de crecimiento intermedio entre los años 2013 y 2014; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>. Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 28. Comparación de medias para número de tallos en altura de planta al corte de 178.4 cm (APC2), con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleífera* para forraje, durante tres períodos de crecimiento en el año 2013 y tres períodos de crecimiento en el año 2014.

Período	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE
2013							
P 1	1.0 <sup>a</sup>	0.00					
P 2	2.2 <sup>a</sup>	2.1 <sup>a</sup>	2.1 <sup>a</sup>	2.2 <sup>a</sup>	2.5 <sup>a</sup>	1.9 <sup>b</sup>	0.13
P 3	2.7 <sup>b</sup>	3.2 <sup>a</sup>	2.5 <sup>b</sup>	3.4 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	2.6 <sup>b</sup>	0.16
2014							
P 1	3.4 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	3.2 <sup>b</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	3.1 <sup>b</sup>	0.20
P 2	3.4 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	3.3 <sup>b</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	3.0 <sup>b</sup>	0.23
P 3	2.9 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	2.9 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	2.6 <sup>b</sup>	0.22

P 1, 2 y 3 = Período de crecimiento 1, 2 y 3, respectivamente; P i = Período de crecimiento intermedio entre los años 2013 y 2014; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>. Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 29. Comparación de medias para número de tallos en altura de planta al corte de 145.7 y 178.4 cm (APC1 y APC2, respectivamente) en el cultivo de *M. oleífera* para forraje, entre períodos de crecimiento en los años 2013 y 2014.

Factor	Períodos en el año 2013				Períodos en el año 2014				
	1	2	3	EE	i	1	2	3	EE
APC1	1.0 <sup>c</sup>	2.2 <sup>b</sup>	3.4 <sup>a</sup>	0.11	3.3 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	0.15
APC2	1.0 <sup>c</sup>	2.2 <sup>b</sup>	2.9 <sup>a</sup>	0.09		3.6 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	0.17

APC 1 = Altura de planta al corte de 145.7 cm; APC 2 = Altura de planta al corte de 178.4 cm. i = Período de crecimiento intermedio entre los años 2013 y 2014; Valores seguidos de diferente letra entre columnas en el mismo año, indican diferencia estadística significativa (Tukey,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 30. Comparación de medias para número de hojas en altura de planta al corte de 145.7 cm (APC1), con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el primer período de crecimiento en el año 2013.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 3	6.6 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	0.12	25.9
S 4	7.9 <sup>a</sup>	7.9 <sup>a</sup>	8.2 <sup>a</sup>	7.6 <sup>b</sup>	7.9 <sup>a</sup>	8.0 <sup>a</sup>	0.18	24.8
S 5	10.4 <sup>a</sup>	10.2 <sup>a</sup>	10.2 <sup>a</sup>	10.4 <sup>a</sup>	10.2 <sup>a</sup>	10.3 <sup>a</sup>	0.28	28.1
S 6	12.9 <sup>a</sup>	12.2 <sup>a</sup>	12.5 <sup>a</sup>	12.7 <sup>a</sup>	12.8 <sup>a</sup>	12.4 <sup>a</sup>	0.32	28.4
S 7	11.5 <sup>a</sup>	11.5 <sup>a</sup>	11.9 <sup>a</sup>	11.1 <sup>a</sup>	13.6 <sup>a</sup>	9.4 <sup>b</sup>	0.36	29.3
S 8	11.9 <sup>a</sup>	12.2 <sup>a</sup>	12.5 <sup>a</sup>	11.5 <sup>a</sup>	14.4 <sup>a</sup>	9.7 <sup>b</sup>	0.36	27.1
S 9	5.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	4.5 <sup>b</sup>	0.19	28.9

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 31. Comparación de medias para número de hojas en APC1, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el segundo período de crecimiento en el año 2013.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 2	5.3 <sup>b</sup>	7.4 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	5.6 <sup>b</sup>	7.8 <sup>a</sup>	4.9 <sup>b</sup>	0.57	28.1
S 3	9.6 <sup>a</sup>	11.2 <sup>a</sup>	10.5 <sup>a</sup>	10.3 <sup>a</sup>	12.9 <sup>a</sup>	7.9 <sup>b</sup>	0.63	28.2
S 4	15.1 <sup>a</sup>	16.5 <sup>a</sup>	15.4 <sup>a</sup>	16.2 <sup>a</sup>	19.5 <sup>a</sup>	12.1 <sup>b</sup>	0.91	27.3
S 5	19.4 <sup>a</sup>	19.4 <sup>a</sup>	19.0 <sup>a</sup>	19.7 <sup>a</sup>	24.2 <sup>a</sup>	14.6 <sup>b</sup>	0.87	29.9
S 6	18.6 <sup>a</sup>	19.8 <sup>a</sup>	20.3 <sup>a</sup>	18.2 <sup>a</sup>	24.7 <sup>a</sup>	13.7 <sup>b</sup>	1.00	31.1
S 7	21.0 <sup>a</sup>	21.0 <sup>a</sup>	21.7 <sup>a</sup>	20.3 <sup>a</sup>	27.5 <sup>a</sup>	14.5 <sup>b</sup>	1.12	31.0

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 32. Comparación de medias para número de hojas en APC1, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el tercer período de crecimiento en el año 2013.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 2	10.1 <sup>a</sup>	9.7 <sup>a</sup>	9.2 <sup>a</sup>	10.6 <sup>a</sup>	12.5 <sup>a</sup>	7.3 <sup>b</sup>	0.52	28.1
S 3	15.6 <sup>a</sup>	13.8 <sup>a</sup>	13.8 <sup>a</sup>	15.7 <sup>a</sup>	18.5 <sup>a</sup>	10.9 <sup>b</sup>	0.80	27.6
S 4	17.6 <sup>a</sup>	16.4 <sup>a</sup>	16.3 <sup>a</sup>	17.7 <sup>a</sup>	21.5 <sup>a</sup>	12.5 <sup>b</sup>	0.90	26.7
S 5	20.3 <sup>a</sup>	20.0 <sup>a</sup>	20.2 <sup>a</sup>	20.2 <sup>a</sup>	25.2 <sup>a</sup>	15.1 <sup>b</sup>	1.14	25.0
S 6	23.6 <sup>a</sup>	23.0 <sup>a</sup>	22.8 <sup>a</sup>	23.9 <sup>a</sup>	29.0 <sup>a</sup>	17.6 <sup>b</sup>	1.35	24.1
S 7	27.7 <sup>a</sup>	26.9 <sup>a</sup>	26.9 <sup>a</sup>	27.7 <sup>a</sup>	33.7 <sup>a</sup>	21.0 <sup>b</sup>	1.55	26.9
S 8	28.0 <sup>a</sup>	26.6 <sup>a</sup>	27.1 <sup>a</sup>	27.5 <sup>a</sup>	33.7 <sup>a</sup>	21.0 <sup>b</sup>	1.64	26.4

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno ( $0 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ); F 2 = Fertilización con nitrógeno ( $400 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas  $\text{m}^{-2}$ ; D2 = Densidad de población de 33 plantas  $\text{m}^{-2}$ ; Temp = Temperatura media ambiental ( $^{\circ}\text{C}$ ). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 33. Comparación de medias para número de hojas en APC1, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el período intermedio de crecimiento entre los años 2013 y 2014.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 2	10.5 <sup>a</sup>	10.9 <sup>a</sup>	10.5 <sup>a</sup>	11.0 <sup>a</sup>	11.5 <sup>a</sup>	9.9 <sup>b</sup>	0.54	21.8
S 3	11.6 <sup>a</sup>	12.4 <sup>a</sup>	12.0 <sup>a</sup>	12.0 <sup>a</sup>	13.1 <sup>a</sup>	11.0 <sup>b</sup>	0.62	20.5
S 4	12.9 <sup>a</sup>	14.3 <sup>a</sup>	13.4 <sup>a</sup>	13.7 <sup>a</sup>	15.6 <sup>a</sup>	11.6 <sup>b</sup>	0.69	23.4
S 5	14.8 <sup>a</sup>	16.3 <sup>a</sup>	15.2 <sup>a</sup>	15.9 <sup>a</sup>	18.4 <sup>a</sup>	12.6 <sup>b</sup>	0.90	18.2
S 6	17.4 <sup>a</sup>	18.4 <sup>a</sup>	17.6 <sup>a</sup>	18.2 <sup>a</sup>	20.9 <sup>a</sup>	14.9 <sup>b</sup>	0.93	16.2
S 7	20.9 <sup>a</sup>	20.8 <sup>a</sup>	20.5 <sup>a</sup>	21.2 <sup>a</sup>	24.2 <sup>a</sup>	17.5 <sup>b</sup>	1.13	19.5
S 8	18.7 <sup>a</sup>	19.9 <sup>a</sup>	18.9 <sup>a</sup>	19.8 <sup>a</sup>	22.3 <sup>a</sup>	16.4 <sup>b</sup>	0.96	11.5
S 9	17.0 <sup>a</sup>	19.6 <sup>a</sup>	17.7 <sup>a</sup>	18.9 <sup>a</sup>	20.7 <sup>a</sup>	15.8 <sup>b</sup>	1.03	17.2
S 10	15.4 <sup>a</sup>	17.4 <sup>a</sup>	15.9 <sup>a</sup>	16.9 <sup>a</sup>	18.6 <sup>a</sup>	14.2 <sup>b</sup>	0.95	12.1
S 11	13.9 <sup>a</sup>	15.2 <sup>a</sup>	14.4 <sup>a</sup>	14.8 <sup>a</sup>	16.5 <sup>a</sup>	12.7 <sup>b</sup>	1.01	18.0
S 12	12.5 <sup>a</sup>	14.1 <sup>a</sup>	13.5 <sup>a</sup>	13.1 <sup>a</sup>	15.1 <sup>a</sup>	11.5 <sup>b</sup>	0.94	11.2
S 13	11.4 <sup>a</sup>	13.3 <sup>a</sup>	13.1 <sup>a</sup>	11.6 <sup>a</sup>	14.2 <sup>a</sup>	10.5 <sup>b</sup>	1.10	11.5
S 14	9.6 <sup>a</sup>	11.5 <sup>a</sup>	11.3 <sup>a</sup>	9.9 <sup>a</sup>	12.2 <sup>a</sup>	8.9 <sup>b</sup>	0.95	12.5
S 15	6.1 <sup>b</sup>	8.3 <sup>a</sup>	8.0 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	8.7 <sup>a</sup>	5.7 <sup>b</sup>	0.77	16.4
S 16	6.0 <sup>a</sup>	8.2 <sup>a</sup>	7.9 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	8.7 <sup>a</sup>	5.5 <sup>b</sup>	0.81	14.2
S 17	6.1 <sup>a</sup>	8.1 <sup>a</sup>	7.9 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	8.6 <sup>a</sup>	5.6 <sup>b</sup>	0.82	14.5
S 18	3.5 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	3.2 <sup>b</sup>	0.61	9.6
S 19	1.4 <sup>a</sup>	2.1 <sup>a</sup>	2.5 <sup>a</sup>	1.1 <sup>b</sup>	2.2 <sup>a</sup>	1.4 <sup>a</sup>	0.36	16.9
S 20	0.9 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>	1.6 <sup>a</sup>	0.4 <sup>b</sup>	1.0 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>	0.26	21.9
S 21	0.9 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>	1.6 <sup>a</sup>	0.4 <sup>b</sup>	1.0 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>	0.26	19.7
S 22	8.5 <sup>a</sup>	8.8 <sup>a</sup>	9.2 <sup>a</sup>	8.1 <sup>a</sup>	9.8 <sup>a</sup>	7.5 <sup>b</sup>	0.72	15.5
S 23	17.3 <sup>a</sup>	20.0 <sup>a</sup>	19.0 <sup>a</sup>	18.4 <sup>a</sup>	21.5 <sup>a</sup>	15.8 <sup>b</sup>	1.53	17.7
S 24	19.3 <sup>a</sup>	20.9 <sup>a</sup>	20.2 <sup>a</sup>	20.0 <sup>a</sup>	23.7 <sup>a</sup>	16.5 <sup>b</sup>	1.47	21.1
S 25	21.5 <sup>a</sup>	22.7 <sup>a</sup>	22.1 <sup>a</sup>	22.2 <sup>a</sup>	26.5 <sup>a</sup>	17.7 <sup>b</sup>	1.57	19.9
S 26	22.5 <sup>a</sup>	25.7 <sup>a</sup>	24.7 <sup>a</sup>	23.5 <sup>a</sup>	29.0 <sup>a</sup>	19.2 <sup>b</sup>	1.8	24.8
S 27	24.5 <sup>a</sup>	31.0 <sup>a</sup>	29.6 <sup>a</sup>	26.0 <sup>a</sup>	33.9 <sup>a</sup>	21.6 <sup>b</sup>	2.33	23.7
S 28	25.2 <sup>a</sup>	31.4 <sup>a</sup>	29.2 <sup>a</sup>	27.3 <sup>a</sup>	34.1 <sup>a</sup>	22.4 <sup>b</sup>	2.21	20.3
S 29	25.9 <sup>a</sup>	32.0 <sup>a</sup>	28.2 <sup>a</sup>	29.7 <sup>a</sup>	34.2 <sup>a</sup>	23.7 <sup>b</sup>	2.20	25.2
S 30	24.9 <sup>a</sup>	30.8 <sup>a</sup>	27.6 <sup>a</sup>	28.0 <sup>a</sup>	32.9 <sup>a</sup>	22.7 <sup>b</sup>	2.14	24.7
S 31	23.0 <sup>a</sup>	28.1 <sup>a</sup>	25.9 <sup>a</sup>	25.2 <sup>a</sup>	30.8 <sup>a</sup>	20.3 <sup>b</sup>	2.14	27.1
S 32	21.9 <sup>a</sup>	26.5 <sup>a</sup>	23.6 <sup>a</sup>	24.9 <sup>a</sup>	29.0 <sup>a</sup>	19.4 <sup>b</sup>	1.79	23.0
S 33	21.4 <sup>a</sup>	26.0 <sup>a</sup>	23.0 <sup>a</sup>	24.5 <sup>a</sup>	28.6 <sup>a</sup>	18.9 <sup>b</sup>	1.68	25.9

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 34. Comparación de medias para número de hojas en APC1, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el primer período de crecimiento en el año 2014.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 2	6.5 <sup>a</sup>	7.6 <sup>a</sup>	6.0 <sup>b</sup>	8.1 <sup>a</sup>	8.2 <sup>a</sup>	5.9 <sup>b</sup>	0.67	28.6
S 3	11.0 <sup>a</sup>	12.4 <sup>a</sup>	10.5 <sup>b</sup>	12.9 <sup>a</sup>	13.6 <sup>a</sup>	9.8 <sup>b</sup>	0.92	29.7
S 4	14.9 <sup>a</sup>	15.1 <sup>a</sup>	13.5 <sup>b</sup>	16.5 <sup>a</sup>	17.5 <sup>a</sup>	12.4 <sup>b</sup>	0.99	26.9
S 5	20.7 <sup>a</sup>	20.2 <sup>a</sup>	18.1 <sup>b</sup>	22.9 <sup>a</sup>	23.8 <sup>a</sup>	17.1 <sup>b</sup>	1.32	27.9
S 6	22.2 <sup>a</sup>	21.5 <sup>a</sup>	19.7 <sup>b</sup>	24.1 <sup>a</sup>	25.8 <sup>a</sup>	18.0 <sup>b</sup>	1.42	28.2
S 7	25.5 <sup>a</sup>	23.0 <sup>a</sup>	22.4 <sup>a</sup>	26.1 <sup>a</sup>	28.8 <sup>a</sup>	19.7 <sup>b</sup>	1.57	26.4
S 8	25.7 <sup>a</sup>	23.8 <sup>a</sup>	23.2 <sup>a</sup>	26.3 <sup>a</sup>	29.2 <sup>a</sup>	20.3 <sup>b</sup>	1.53	30.0

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 35. Comparación de medias para número de hojas en APC1, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el segundo período de crecimiento en el año 2014.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 2	10.8 <sup>a</sup>	10.4 <sup>a</sup>	8.9 <sup>b</sup>	12.3 <sup>a</sup>	13.3 <sup>a</sup>	7.9 <sup>b</sup>	1.01	30.5
S 3	16.0 <sup>a</sup>	14.9 <sup>a</sup>	13.1 <sup>b</sup>	17.9 <sup>a</sup>	18.3 <sup>a</sup>	12.7 <sup>b</sup>	1.28	28.8
S 4	21.8 <sup>a</sup>	19.2 <sup>a</sup>	18.0 <sup>b</sup>	23.0 <sup>a</sup>	23.9 <sup>a</sup>	17.1 <sup>b</sup>	1.74	29.9
S 5	24.6 <sup>a</sup>	21.2 <sup>a</sup>	20.3 <sup>a</sup>	25.5 <sup>a</sup>	26.7 <sup>a</sup>	19.1 <sup>b</sup>	1.89	29.9
S 6	29.7 <sup>a</sup>	24.8 <sup>a</sup>	25.2 <sup>a</sup>	29.3 <sup>a</sup>	32.0 <sup>a</sup>	22.4 <sup>b</sup>	2.34	30.1

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 36. Comparación de medias para número de hojas en APC1, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el tercer período de crecimiento en el año 2014.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 2	8.0 <sup>a</sup>	7.9 <sup>a</sup>	7.2 <sup>a</sup>	8.7 <sup>a</sup>	9.7 <sup>a</sup>	6.2 <sup>b</sup>	0.78	26.5
S 3	12.3 <sup>a</sup>	11.9 <sup>a</sup>	11.2 <sup>a</sup>	13.0 <sup>a</sup>	14.2 <sup>a</sup>	10.0 <sup>b</sup>	0.93	25.3
S 4	17.1 <sup>a</sup>	17.0 <sup>a</sup>	15.7 <sup>a</sup>	18.3 <sup>a</sup>	19.3 <sup>a</sup>	14.8 <sup>b</sup>	1.29	24.1
S 5	19.4 <sup>a</sup>	18.8 <sup>a</sup>	17.9 <sup>a</sup>	20.3 <sup>a</sup>	21.7 <sup>a</sup>	16.6 <sup>b</sup>	1.38	25.6
S 6	22.7 <sup>a</sup>	21.6 <sup>a</sup>	20.6 <sup>a</sup>	23.7 <sup>a</sup>	25.2 <sup>a</sup>	19.1 <sup>b</sup>	1.56	26.2
S 7	24.1 <sup>a</sup>	23.2 <sup>a</sup>	22.5 <sup>a</sup>	24.8 <sup>a</sup>	27.4 <sup>a</sup>	19.9 <sup>b</sup>	1.54	23.7
S 8	27.2 <sup>a</sup>	25.3 <sup>a</sup>	25.4 <sup>a</sup>	27.1 <sup>a</sup>	30.9 <sup>a</sup>	21.6 <sup>b</sup>	1.58	22.1
S 9	27.6 <sup>a</sup>	24.7 <sup>a</sup>	24.8 <sup>a</sup>	27.5 <sup>a</sup>	30.3 <sup>a</sup>	22.0 <sup>b</sup>	1.61	22.7
S 10	28.9 <sup>a</sup>	25.5 <sup>a</sup>	26.1 <sup>a</sup>	28.3 <sup>a</sup>	31.0 <sup>a</sup>	23.5 <sup>b</sup>	1.63	18.7

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 37. Comparación de medias para número de hojas en altura de planta al corte de 178.4 cm (APC2), con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el primer período de crecimiento en el año 2013.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 3	6.5 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	0.12	25.9
S 4	8.1 <sup>a</sup>	7.8 <sup>a</sup>	8.1 <sup>a</sup>	7.7 <sup>a</sup>	7.7 <sup>b</sup>	8.2 <sup>a</sup>	0.16	24.8
S 5	10.7 <sup>a</sup>	10.5 <sup>a</sup>	10.6 <sup>a</sup>	10.5 <sup>a</sup>	10.5 <sup>a</sup>	10.6 <sup>a</sup>	0.23	28.1
S 6	12.8 <sup>a</sup>	12.7 <sup>a</sup>	12.5 <sup>a</sup>	13.0 <sup>a</sup>	13.0 <sup>a</sup>	12.6 <sup>a</sup>	0.24	28.3
S 7	11.5 <sup>b</sup>	12.9 <sup>a</sup>	12.2 <sup>a</sup>	12.1 <sup>a</sup>	14.6 <sup>a</sup>	9.8 <sup>b</sup>	0.36	29.3
S 8	11.6 <sup>b</sup>	13.1 <sup>a</sup>	12.4 <sup>a</sup>	12.4 <sup>a</sup>	14.7 <sup>a</sup>	10.0 <sup>b</sup>	0.32	27.1
S 9	9.5 <sup>a</sup>	9.6 <sup>a</sup>	10.0 <sup>a</sup>	9.0 <sup>b</sup>	10.8 <sup>a</sup>	8.2 <sup>b</sup>	0.28	28.9
S 10	10.2 <sup>a</sup>	10.7 <sup>a</sup>	10.9 <sup>a</sup>	9.9 <sup>b</sup>	11.7 <sup>a</sup>	9.2 <sup>b</sup>	0.32	30.6
S 11	12.0 <sup>a</sup>	12.6 <sup>a</sup>	12.6 <sup>a</sup>	12.0 <sup>a</sup>	14.0 <sup>a</sup>	10.6 <sup>b</sup>	0.37	28.1
S 12	12.4 <sup>a</sup>	13.6 <sup>a</sup>	13.4 <sup>a</sup>	12.6 <sup>a</sup>	14.8 <sup>a</sup>	11.2 <sup>b</sup>	0.46	28.2

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 38. Comparación de medias para número de hojas en APC2, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el segundo período de crecimiento en el año 2013.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 2	11.1 <sup>a</sup>	11.2 <sup>a</sup>	10.5 <sup>b</sup>	11.8 <sup>a</sup>	11.8 <sup>a</sup>	10.5 <sup>b</sup>	0.40	29.9
S 3	15.6 <sup>a</sup>	16.0 <sup>a</sup>	14.3 <sup>b</sup>	17.3 <sup>a</sup>	17.9 <sup>a</sup>	13.7 <sup>b</sup>	0.68	31.1
S 4	19.7 <sup>a</sup>	19.7 <sup>a</sup>	18.7 <sup>a</sup>	20.7 <sup>a</sup>	23.5 <sup>a</sup>	15.9 <sup>b</sup>	0.89	31.0
S 5	19.1 <sup>a</sup>	18.9 <sup>a</sup>	19.4 <sup>a</sup>	18.6 <sup>a</sup>	22.8 <sup>a</sup>	15.2 <sup>b</sup>	0.94	29.2
S 6	18.1 <sup>a</sup>	18.4 <sup>a</sup>	19.4 <sup>a</sup>	17.1 <sup>a</sup>	21.4 <sup>a</sup>	15.1 <sup>b</sup>	0.89	28.1
S 7	20.1 <sup>a</sup>	20.1 <sup>a</sup>	21.1 <sup>a</sup>	19.1 <sup>a</sup>	23.8 <sup>a</sup>	16.5 <sup>b</sup>	0.95	27.6
S 8	19.1 <sup>a</sup>	19.7 <sup>a</sup>	21.1 <sup>a</sup>	17.7 <sup>b</sup>	22.8 <sup>a</sup>	16.0 <sup>b</sup>	0.83	26.7
S 9	19.1 <sup>a</sup>	19.6 <sup>a</sup>	21.0 <sup>a</sup>	17.7 <sup>b</sup>	22.8 <sup>a</sup>	15.9 <sup>b</sup>	0.83	25.0

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno ( $0 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ); F 2 = Fertilización con nitrógeno ( $400 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas  $\text{m}^{-2}$ ; D2 = Densidad de población de 33 plantas  $\text{m}^{-2}$ ; Temp = Temperatura media ambiental ( $^{\circ}\text{C}$ ). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 39. Comparación de medias para número de hojas en APC2, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el tercer período de crecimiento en el año 2013.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 2	10.5 <sup>b</sup>	12.3 <sup>a</sup>	10.0 <sup>b</sup>	12.9 <sup>a</sup>	12.9 <sup>a</sup>	10.0 <sup>b</sup>	0.47	26.9
S 3	13.4 <sup>b</sup>	15.9 <sup>a</sup>	12.4 <sup>b</sup>	16.9 <sup>a</sup>	16.5 <sup>a</sup>	12.8 <sup>b</sup>	0.63	26.4
S 4	17.7 <sup>b</sup>	21.3 <sup>a</sup>	16.0 <sup>b</sup>	23.0 <sup>a</sup>	22.0 <sup>a</sup>	17.0 <sup>b</sup>	0.97	23.1
S 5	19.3 <sup>b</sup>	23.4 <sup>a</sup>	18.3 <sup>b</sup>	24.4 <sup>a</sup>	24.3 <sup>a</sup>	18.4 <sup>b</sup>	0.96	21.8
S 6	21.6 <sup>b</sup>	26.1 <sup>a</sup>	21.5 <sup>b</sup>	26.2 <sup>a</sup>	27.4 <sup>a</sup>	20.3 <sup>b</sup>	1.11	20.5
S 7	19.5 <sup>b</sup>	24.1 <sup>a</sup>	19.6 <sup>b</sup>	24.0 <sup>a</sup>	25.4 <sup>a</sup>	18.3 <sup>b</sup>	0.94	23.4
S 8	17.5 <sup>b</sup>	21.8 <sup>a</sup>	18.0 <sup>b</sup>	21.3 <sup>a</sup>	23.5 <sup>a</sup>	15.8 <sup>b</sup>	0.93	18.2
S 9	18.2 <sup>b</sup>	22.2 <sup>a</sup>	18.6 <sup>b</sup>	21.8 <sup>a</sup>	24.1 <sup>a</sup>	16.3 <sup>b</sup>	0.94	16.2
S 10	19.0 <sup>b</sup>	22.9 <sup>a</sup>	19.3 <sup>b</sup>	22.6 <sup>a</sup>	24.8 <sup>a</sup>	17.0 <sup>b</sup>	1.01	19.5
S 11	17.5 <sup>b</sup>	20.7 <sup>a</sup>	17.7 <sup>a</sup>	20.5 <sup>a</sup>	23.0 <sup>a</sup>	15.2 <sup>b</sup>	1.00	11.5
S 12	16.5 <sup>a</sup>	19.1 <sup>a</sup>	16.6 <sup>a</sup>	18.9 <sup>a</sup>	21.7 <sup>a</sup>	13.9 <sup>b</sup>	1.06	17.2
S 13	14.5 <sup>b</sup>	17.3 <sup>a</sup>	14.8 <sup>a</sup>	17.0 <sup>a</sup>	18.8 <sup>a</sup>	13.0 <sup>b</sup>	0.96	12.1
S 14	12.6 <sup>b</sup>	15.3 <sup>a</sup>	12.6 <sup>b</sup>	15.2 <sup>a</sup>	16.2 <sup>a</sup>	11.6 <sup>b</sup>	0.88	18.0
S 15	12.1 <sup>b</sup>	14.9 <sup>a</sup>	12.5 <sup>a</sup>	14.5 <sup>a</sup>	16.1 <sup>a</sup>	10.9 <sup>b</sup>	0.84	11.2
S 16	11.8 <sup>b</sup>	14.9 <sup>a</sup>	12.6 <sup>a</sup>	14.1 <sup>a</sup>	16.3 <sup>a</sup>	10.4 <sup>b</sup>	0.88	11.5
S 17	11.1 <sup>b</sup>	14.2 <sup>a</sup>	11.7 <sup>a</sup>	13.6 <sup>a</sup>	15.4 <sup>a</sup>	9.9 <sup>b</sup>	0.83	12.5
S 18	9.5 <sup>b</sup>	12.6 <sup>a</sup>	9.9 <sup>b</sup>	12.2 <sup>a</sup>	13.5 <sup>a</sup>	8.6 <sup>b</sup>	0.82	16.4
S 19	9.4 <sup>b</sup>	12.4 <sup>a</sup>	9.7 <sup>b</sup>	12.2 <sup>a</sup>	13.4 <sup>a</sup>	8.4 <sup>b</sup>	0.82	14.2
S 20	9.7 <sup>b</sup>	12.5 <sup>a</sup>	10.1 <sup>a</sup>	12.1 <sup>a</sup>	13.8 <sup>a</sup>	8.5 <sup>b</sup>	0.97	14.5

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 40. Comparación de medias para número de hojas en APC2, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el primer período de crecimiento en el año 2014.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 6	8.6 <sup>a</sup>	8.8 <sup>a</sup>	5.7 <sup>b</sup>	11.7 <sup>a</sup>	9.5 <sup>a</sup>	7.9 <sup>a</sup>	1.06	17.7
S 7	10.8 <sup>a</sup>	10.7 <sup>a</sup>	7.7 <sup>b</sup>	13.9 <sup>a</sup>	12.3 <sup>a</sup>	9.3 <sup>b</sup>	1.01	21.1
S 8	13.6 <sup>a</sup>	13.1 <sup>a</sup>	10.3 <sup>b</sup>	16.4 <sup>a</sup>	15.4 <sup>a</sup>	11.3 <sup>b</sup>	1.06	20.0
S 9	16.8 <sup>a</sup>	17.2 <sup>a</sup>	13.8 <sup>b</sup>	20.3 <sup>a</sup>	20.1 <sup>a</sup>	13.9 <sup>b</sup>	1.28	24.8
S 10	22.7 <sup>a</sup>	24.8 <sup>a</sup>	20.5 <sup>b</sup>	27.0 <sup>a</sup>	28.4 <sup>a</sup>	19.1 <sup>b</sup>	1.76	23.7
S 11	23.7 <sup>a</sup>	26.4 <sup>a</sup>	21.9 <sup>b</sup>	28.2 <sup>a</sup>	29.5 <sup>a</sup>	20.6 <sup>b</sup>	1.66	20.3
S 12	25.6 <sup>a</sup>	29.6 <sup>a</sup>	24.5 <sup>b</sup>	30.7 <sup>a</sup>	31.6 <sup>a</sup>	23.6 <sup>b</sup>	1.72	25.3
S 13	24.6 <sup>a</sup>	28.3 <sup>a</sup>	23.4 <sup>b</sup>	29.4 <sup>a</sup>	30.4 <sup>a</sup>	22.5 <sup>b</sup>	1.66	24.7
S 14	22.1 <sup>a</sup>	25.4 <sup>a</sup>	21.3 <sup>b</sup>	26.2 <sup>a</sup>	27.3 <sup>a</sup>	20.2 <sup>b</sup>	1.67	27.1
S 15	19.5 <sup>a</sup>	23.0 <sup>a</sup>	19.5 <sup>a</sup>	23.0 <sup>a</sup>	25.0 <sup>a</sup>	17.5 <sup>b</sup>	1.62	23.0
S 16	19.3 <sup>a</sup>	21.6 <sup>a</sup>	19.2 <sup>a</sup>	21.7 <sup>a</sup>	24.2 <sup>a</sup>	16.7 <sup>b</sup>	1.59	25.9
S 17	19.5 <sup>a</sup>	21.1 <sup>a</sup>	20.0 <sup>a</sup>	20.5 <sup>a</sup>	24.1 <sup>a</sup>	16.5 <sup>b</sup>	1.65	28.6
S 18	19.3 <sup>a</sup>	20.9 <sup>a</sup>	19.9 <sup>a</sup>	20.4 <sup>a</sup>	23.9 <sup>a</sup>	16.3 <sup>b</sup>	1.64	28.6

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 41. Comparación de medias para número de hojas en APC2, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleifera* para forraje, durante el segundo período de crecimiento en el año 2014.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 1	2.7 <sup>b</sup>	4.7 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	0.54	29.7
S 2	7.0 <sup>b</sup>	9.7 <sup>a</sup>	7.7 <sup>a</sup>	9.0 <sup>a</sup>	9.4 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	0.76	26.9
S 3	13.5 <sup>b</sup>	18.1 <sup>a</sup>	14.6 <sup>a</sup>	17.0 <sup>a</sup>	18.6 <sup>a</sup>	13.0 <sup>b</sup>	1.33	27.9
S 4	16.6 <sup>b</sup>	21.6 <sup>a</sup>	17.8 <sup>a</sup>	20.4 <sup>a</sup>	22.9 <sup>a</sup>	15.4 <sup>b</sup>	1.48	28.2
S 5	21.1 <sup>b</sup>	26.5 <sup>a</sup>	22.8 <sup>a</sup>	24.8 <sup>a</sup>	29.1 <sup>a</sup>	18.5 <sup>b</sup>	1.59	26.4
S 6	22.0 <sup>b</sup>	27.3 <sup>a</sup>	23.9 <sup>a</sup>	25.4 <sup>a</sup>	30.4 <sup>a</sup>	19.0 <sup>b</sup>	1.70	30.0
S 7	24.4 <sup>a</sup>	28.2 <sup>a</sup>	26.1 <sup>a</sup>	26.4 <sup>a</sup>	32.1 <sup>a</sup>	20.4 <sup>b</sup>	2.03	30.7
S 8	23.7 <sup>a</sup>	27.9 <sup>a</sup>	25.9 <sup>a</sup>	25.7 <sup>a</sup>	31.0 <sup>a</sup>	20.5 <sup>b</sup>	1.99	30.5

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 42. Comparación de medias para número de hojas en APC2, con dos niveles de fertilización nitrogenada, dos densidades de población y dos variedades de *M. oleífera* para forraje, durante el tercer período de crecimiento en el año 2014.

Semana	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE	Temp
S 2	8.0 <sup>a</sup>	8.8 <sup>a</sup>	7.4 <sup>a</sup>	9.5 <sup>a</sup>	10.1 <sup>a</sup>	6.7 <sup>b</sup>	0.86	29.9
S 3	12.5 <sup>a</sup>	15.0 <sup>a</sup>	12.3 <sup>a</sup>	15.1 <sup>a</sup>	16.1 <sup>a</sup>	11.3 <sup>b</sup>	1.23	29.9
S 4	17.1 <sup>a</sup>	21.1 <sup>a</sup>	17.1 <sup>a</sup>	21.1 <sup>a</sup>	22.4 <sup>a</sup>	15.8 <sup>b</sup>	1.72	30.1
S 5	19.1 <sup>a</sup>	23.1 <sup>a</sup>	20.0 <sup>a</sup>	21.2 <sup>a</sup>	24.9 <sup>a</sup>	17.3 <sup>b</sup>	1.79	26.3
S 6	21.1 <sup>a</sup>	25.4 <sup>a</sup>	23.1 <sup>a</sup>	23.4 <sup>a</sup>	27.7 <sup>a</sup>	18.8 <sup>b</sup>	2.03	26.5
S 7	21.6 <sup>a</sup>	25.4 <sup>a</sup>	23.9 <sup>a</sup>	23.2 <sup>a</sup>	27.9 <sup>a</sup>	19.2 <sup>b</sup>	2.04	25.3
S 8	24.0 <sup>a</sup>	26.6 <sup>a</sup>	26.3 <sup>a</sup>	24.2 <sup>a</sup>	30.0 <sup>a</sup>	20.5 <sup>b</sup>	2.07	24.1
S 9	24.4 <sup>a</sup>	26.8 <sup>a</sup>	26.8 <sup>a</sup>	24.5 <sup>a</sup>	30.5 <sup>a</sup>	20.7 <sup>b</sup>	2.11	25.6

S = Semana; F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; Temp = Temperatura media ambiental (°C). Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 43. Correlaciones en el desarrollo del cultivo de *M. oleífera* para forraje.

		Altura	Diámetro	Hojas	Tallos
Altura	Correlación de Pearson	1	.967**	.651**	.052
	Sig. (bilateral)		.000	.000	.628
	N	88	88	88	88
Diámetro	Correlación de Pearson	.967**	1	.569**	-.123
	Sig. (bilateral)	.000		.000	.254
	N	88	88	88	88
Hojas	Correlación de Pearson	.651**	.569**	1	.519**
	Sig. (bilateral)	.000	.000		.000
	N	88	88	88	88
Tallos	Correlación de Pearson	.052	-.123	.519**	1
	Sig. (bilateral)	.628	.254	.000	
	N	88	88	88	88

Altura = Altura de planta; Diámetro = Diámetro de tallo; Hojas = Número de hojas; Tallos = Número de tallos; Sig. = Significancia de correlación; N = Número de observaciones; \*\* = La correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral).

A 44. Efecto de la fertilización, variedad y densidad de población, sobre la iluminación (klx) en diferentes alturas entre el cultivo de *M. oleifera* para forraje.

Altura	F 1	F 2	V 1	V 2	D 1	D 2	EE
20 cm	1.8 <sup>a</sup>	1.7 <sup>a</sup>	2.0 <sup>a</sup>	1.5 <sup>b</sup>	2.1 <sup>a</sup>	1.3 <sup>b</sup>	0.16
40 cm	3.9 <sup>a</sup>	2.8 <sup>b</sup>	3.6 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	0.35
60 cm	7.0 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	0.60
80 cm	17.2 <sup>a</sup>	13.7 <sup>b</sup>	15.9 <sup>a</sup>	14.9 <sup>a</sup>	15.3 <sup>a</sup>	15.6 <sup>a</sup>	1.04

F 1 = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); F 2 = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); V 1 = Variedad de vaina corta (24 cm); V 2 = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>. Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad y densidad de población), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 45. Iluminación (klx) en el crecimiento del cultivo de *M. oleifera* para forraje, a diferentes alturas de planta.

Iluminación	Altura de planta				EE
	20 cm	40 cm	60 cm	80 cm	
klx	1.7 <sup>c</sup>	3.3 <sup>c</sup>	6.6 <sup>b</sup>	15.4 <sup>a</sup>	0.45

klx = kilolux; Letra diferente entre alturas indica diferencia significativa (Tukey,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 46. Efecto de la fertilización, variedad, densidad y altura de planta al corte, sobre la producción de biomasa fresca total (BFT; Mg ha<sup>-1</sup>), de *M. oleifera* en diversos períodos durante los años 2013 y 2014.

Período	Fertilización		EE	Variedad		EE	Densidad		EE	Altura de planta al corte		EE
	Sin N	Con N		VC	VL		D1	D2		APC1	APC2	
2013												
P1	33.0 <sup>a</sup>	33.3 <sup>a</sup>	0.99	32.7 <sup>a</sup>	33.5 <sup>a</sup>	0.98	30.7 <sup>b</sup>	35.5 <sup>a</sup>	0.99	28.2 <sup>b</sup>	38.1 <sup>a</sup>	0.98
P2	38.9 <sup>a</sup>	38.9 <sup>a</sup>	1.25	39.0 <sup>a</sup>	38.9 <sup>a</sup>	1.24	40.5 <sup>a</sup>	37.3 <sup>a</sup>	1.25	32.4 <sup>b</sup>	45.4 <sup>a</sup>	1.24
P3	26.1 <sup>a</sup>	25.1 <sup>a</sup>	0.87	26.0 <sup>a</sup>	25.2 <sup>a</sup>	0.87	27.2 <sup>a</sup>	24.0 <sup>b</sup>	0.87	29.5 <sup>a</sup>	21.7 <sup>b</sup>	0.87
2014												
Pi	31.9 <sup>a</sup>	28.5 <sup>a</sup>	3.37	31.0 <sup>a</sup>	29.4 <sup>a</sup>	3.37	31.9 <sup>a</sup>	28.5 <sup>a</sup>	3.31	30.2	ND	2.34
P1	35.1 <sup>a</sup>	35.4 <sup>a</sup>	1.68	36.4 <sup>a</sup>	34.1 <sup>a</sup>	1.67	35.5 <sup>a</sup>	35.0 <sup>a</sup>	1.67	30.4 <sup>b</sup>	40.1 <sup>a</sup>	1.67
P2	31.7 <sup>a</sup>	30.6 <sup>a</sup>	1.50	31.6 <sup>a</sup>	30.7 <sup>a</sup>	1.49	31.5 <sup>a</sup>	30.8 <sup>a</sup>	1.49	25.8 <sup>b</sup>	36.5 <sup>a</sup>	1.49
P3	37.6 <sup>a</sup>	36.7 <sup>a</sup>	1.00	37.4 <sup>a</sup>	37.0 <sup>a</sup>	1.00	36.4 <sup>a</sup>	38.0 <sup>a</sup>	1.00	32.0 <sup>b</sup>	42.4 <sup>a</sup>	1.00

P1, P2 y P3 = Períodos 1, 2 y 3, respectivamente; Pi = Período intermedio entre los años 2013 y 2014 para APC1; Sin N = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); Con N = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); VC = Variedad de vaina corta (24 cm); VL = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; APC1 = Altura de planta al corte promedio durante el experimento 145.7 cm; APC2 = Altura de planta al corte promedio durante el experimento 178.4 cm; Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad, densidad de población y altura de planta al corte), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar; ND = No determinado.

A 47. Comparación de medias para la producción de biomasa fresca total (BFT; Mg ha<sup>-1</sup>) en el cultivo de *M. oleifera* para forraje, entre períodos de crecimiento en los años 2013 y 2014.

BFT (Mg ha <sup>-1</sup> )	Períodos en el año 2013				Períodos en el año 2014				
	P 1	P 2	P 3	EE	P i	P 1	P 2	P 3	EE
	APC1	28.0 <sup>b</sup>	32.3 <sup>a</sup>	29.5 <sup>ab</sup>	1.16	30.2 <sup>ab</sup>	30.5 <sup>ab</sup>	25.8 <sup>b</sup>	32.1 <sup>a</sup>
APC2	38.2 <sup>b</sup>	45.5 <sup>a</sup>	21.7 <sup>c</sup>	1.14		40.0 <sup>a</sup>	36.5 <sup>a</sup>	42.3 <sup>a</sup>	1.72

P1, P2 y P3 = Períodos 1, 2 y 3, respectivamente; Pi = Período intermedio entre los años 2013 y 2014 para APC1; APC1 = Altura de planta al corte promedio durante el experimento 145.7 cm; APC2 = Altura de planta al corte promedio durante el experimento 178.4 cm; Valores seguidos de diferente letra entre columnas en el mismo año, indican diferencia estadística significativa (Tukey,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 48. Efecto de la fertilización, variedad, densidad y altura de planta al corte, sobre la producción de biomasa seca total (BST; Mg ha<sup>-1</sup>), de *M. oleifera* en diversos períodos durante los años 2013 y 2014.

Período	Fertilización		EE	Variedad		EE	Densidad		EE	Altura de planta al corte		EE
	Sin N	Con N		VC	VL		D1	D2		APC1	APC2	
2013												
P1	5.4 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	0.18	5.2 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	0.18	5.0 <sup>b</sup>	5.7 <sup>a</sup>	0.18	4.0 <sup>b</sup>	6.7 <sup>a</sup>	0.18
P2	5.6 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	0.19	5.4 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	0.19	5.7 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	0.19	4.4 <sup>b</sup>	6.7 <sup>a</sup>	0.19
P3	3.6 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	0.13	3.6 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	0.13	3.7 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	0.13	3.5 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	0.13
2014												
Pi	4.5 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	0.47	4.3 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	0.47	4.5 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	0.46	4.2	ND	0.32
P1	5.0 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	0.29	5.2 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	0.29	5.0 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	0.29	3.9 <sup>b</sup>	6.0 <sup>a</sup>	0.29
P2	4.4 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	0.21	4.4 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	0.21	4.3 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	0.21	3.3 <sup>b</sup>	5.4 <sup>a</sup>	0.21
P3	4.4 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	0.18	4.3 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	0.18	4.2 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	0.18	3.5 <sup>b</sup>	5.1 <sup>a</sup>	0.18

P1, P2 y P3 = Períodos 1, 2 y 3, respectivamente; Pi = Período intermedio entre los años 2013 y 2014 para APC1; Sin N = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); Con N = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); VC = Variedad de vaina corta (24 cm); VL = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>2</sup>; APC1 = Altura de planta al corte promedio durante el experimento 145.7 cm; APC2 = Altura de planta al corte promedio durante el experimento 178.4 cm; Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad, densidad de población y altura de planta al corte), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar; ND = No determinado.

A 49. Comparación de medias para la producción de biomasa seca total (BST; Mg ha<sup>-1</sup>) en el cultivo de *M. oleifera* para forraje, entre períodos de crecimiento en los años 2013 y 2014.

BST (Mg ha <sup>-1</sup> )	Períodos en el año 2013				Períodos en el año 2014				
	P 1	P 2	P 3	EE	P i	P 2	P 3	P 4	EE
APC1	4.0 <sup>ab</sup>	4.3 <sup>a</sup>	3.5 <sup>b</sup>	0.16	4.2 <sup>a</sup>	3.9 <sup>ab</sup>	3.3 <sup>b</sup>	3.5 <sup>ab</sup>	0.20
APC2	6.8 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	3.5 <sup>b</sup>	0.18	5.9 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	0.29	

P1, P2 y P3 = Períodos 1, 2 y 3, respectivamente; Pi = Período intermedio entre los años 2013 y 2014 para APC1; APC1 = Altura de planta al corte promedio durante el experimento 145.7 cm; APC2 = Altura de planta al corte promedio durante el experimento 178.4 cm; Valores seguidos de diferente letra entre columnas en el mismo año, indican diferencia estadística significativa (Tukey,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 50. Efecto de la fertilización, variedad, densidad y altura de planta al corte, sobre la relación tallo:hoja en gramos en base seca (g bs), en forraje de *M. oleifera* en diversos períodos durante los años 2013 y 2014.

Período	Fertilización		Variedad		Densidad		Altura de planta al corte		EE
	Sin N	Con N	VC	VL	D1	D2	APC1	APC2	
2013									
P1	2.1:1.0 <sup>a</sup>	2.0:1.0 <sup>a</sup>	2.1:1.0 <sup>a</sup>	2.1:1.0 <sup>a</sup>	2.0:1.0 <sup>a</sup>	2.1:1.0 <sup>a</sup>	1.8:1.0 <sup>b</sup>	2.4:1.0 <sup>a</sup>	0.09
P2	1.7:1.0 <sup>a</sup>	1.7:1.0 <sup>a</sup>	1.7:1.0 <sup>a</sup>	1.7:1.0 <sup>a</sup>	1.6:1.0 <sup>b</sup>	1.7:1.0 <sup>a</sup>	1.7:1.0 <sup>a</sup>	1.7:1.0 <sup>a</sup>	0.03
P3	2.5:1.0 <sup>a</sup>	2.4:1.0 <sup>a</sup>	2.4:1.0 <sup>a</sup>	2.5:1.0 <sup>a</sup>	2.4:1.0 <sup>a</sup>	2.5:1.0 <sup>a</sup>	1.8:1.0 <sup>b</sup>	3.0:1.0 <sup>a</sup>	0.09
2014									
Pi	2.1:1.0 <sup>a</sup>	2.1:1.0 <sup>a</sup>	2.2:1.0 <sup>a</sup>	2.0:1.0 <sup>a</sup>	2.1:1.0 <sup>a</sup>	2.1:1.0 <sup>a</sup>	2.1:1.0	ND	0.08
P1	2.2:1.0 <sup>a</sup>	2.3:1.0 <sup>a</sup>	2.4:1.0 <sup>a</sup>	2.1:1.0 <sup>a</sup>	2.2:1.0 <sup>a</sup>	2.3:1.0 <sup>a</sup>	1.7:1.0 <sup>b</sup>	2.8:1.0 <sup>a</sup>	0.09
P2	1.8:1.0 <sup>a</sup>	1.9:1.0 <sup>a</sup>	1.8:1.0 <sup>a</sup>	1.9:1.0 <sup>a</sup>	1.9:1.0 <sup>a</sup>	1.9:1.0 <sup>a</sup>	1.5:1.0 <sup>b</sup>	2.2:1.0 <sup>a</sup>	0.05
P3	2.1:1.0 <sup>a</sup>	2.0:1.0 <sup>a</sup>	2.1:1.0 <sup>a</sup>	2.0:1.0 <sup>a</sup>	2.0:1.0 <sup>a</sup>	2.1:1.0 <sup>a</sup>	1.9:1.0 <sup>b</sup>	2.2:1.0 <sup>a</sup>	0.08

P1, P2 y P3 = Períodos 1, 2 y 3, respectivamente; Pi = Período intermedio entre los años 2013 y 2014 para APC1; Sin N = Fertilización sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); Con N = Fertilización con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); VC = Variedad de vaina corta (24 cm); VL = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; APC1 = Altura de planta al corte promedio durante el experimento 145.7 cm; APC2 = Altura de planta al corte promedio durante el experimento 178.4 cm; Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad, densidad de población y altura de planta al corte), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar; ND = No determinado.

A 51. Comparación de medias para la relación tallo:hoja en gramos en base seca (g bs), en forraje de *M. oleifera*, entre períodos de crecimiento en los años 2013 y 2014.

Relación tallo:hoja	Períodos en el año 2013				Períodos en el año 2014				
	P 1	P 2	P 3	EE	P i	P 1	P 2	P 3	EE
APC1	1.8:1.0 <sup>a</sup>	1.7:1.0 <sup>a</sup>	1.8:1.0 <sup>a</sup>	0.08	2.1:1.0 <sup>a</sup>	1.7:1.0 <sup>bc</sup>	1.5:1.0 <sup>c</sup>	1.9:1.0 <sup>ab</sup>	0.07
APC2	2.4:1.0 <sup>b</sup>	1.7:1.0 <sup>c</sup>	3.1:1.0 <sup>a</sup>	0.08		2.8:1.0 <sup>a</sup>	2.2:1.0 <sup>b</sup>	2.2:1.0 <sup>b</sup>	0.08

P1, P2 y P3 = Períodos 1, 2 y 3, respectivamente; Pi = Período intermedio entre los años 2013 y 2014 para APC1; APC1 = Altura de planta al corte promedio durante el experimento 145.7 cm; APC2 = Altura de planta al corte promedio durante el experimento 178.4 cm; Valores seguidos de diferente letra entre columnas en el mismo año, indican diferencia estadística significativa (Tukey,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 52. Efecto de la fertilización, variedad, densidad y altura de planta al corte, sobre la mortalidad (%), en plantas de *M. oleifera* para forraje en diversos períodos durante los años 2013 y 2014.

Período	Fertilización		EE	Variedad		EE	Densidad		EE	Altura de planta al corte		EE
	Sin N	Con N		VC	VL		D1	D2		APC1	APC2	
2013												
P1	3.8 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	0.65	3.3 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	0.65	3.1 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	0.65	4.1 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	0.65
P2	7.2 <sup>a</sup>	8.5 <sup>a</sup>	0.94	6.8 <sup>a</sup>	8.9 <sup>a</sup>	0.93	4.9 <sup>b</sup>	10.8 <sup>a</sup>	0.94	9.6 <sup>a</sup>	6.1 <sup>b</sup>	0.93
P3	13.0 <sup>a</sup>	16.5 <sup>a</sup>	1.77	13.3 <sup>a</sup>	16.2 <sup>a</sup>	1.80	8.2 <sup>b</sup>	21.4 <sup>a</sup>	1.77	18.5 <sup>a</sup>	11.1 <sup>b</sup>	1.76
2014												
Pi	23.9 <sup>a</sup>	24.4 <sup>a</sup>	1.82	19.4 <sup>b</sup>	28.9 <sup>a</sup>	1.82	16.9 <sup>b</sup>	31.3 <sup>a</sup>	1.79	24.1	ND	1.26
P1	18.3 <sup>a</sup>	16.2 <sup>a</sup>	1.90	16.5 <sup>a</sup>	18.1 <sup>a</sup>	1.89	12.1 <sup>b</sup>	22.4 <sup>a</sup>	1.90	18.0 <sup>a</sup>	16.6 <sup>a</sup>	1.89
P2	14.9 <sup>a</sup>	16.7 <sup>a</sup>	1.48	13.7 <sup>a</sup>	17.9 <sup>a</sup>	1.47	11.5 <sup>b</sup>	20.1 <sup>a</sup>	1.47	16.2 <sup>a</sup>	15.4 <sup>a</sup>	1.47
P3	19.2 <sup>a</sup>	19.9 <sup>a</sup>	1.55	16.9 <sup>b</sup>	22.2 <sup>a</sup>	1.54	12.5 <sup>b</sup>	26.6 <sup>a</sup>	1.54	24.0 <sup>a</sup>	15.1 <sup>b</sup>	1.54

P1, P2 y P3 = Períodos 1, 2 y 3, respectivamente; Pi = Período intermedio entre los años 2013 y 2014 para APC1; Sin N = Fertilización sin nitrógeno ( $0 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ); Con N = Fertilización con nitrógeno ( $400 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ); VC = Variedad de vaina corta (24 cm); VL = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas  $\text{m}^{-2}$ ; D2 = Densidad de población de 33 plantas  $\text{m}^{-2}$ ; APC1 = Altura de planta al corte promedio durante el experimento 145.7 cm; APC2 = Altura de planta al corte promedio durante el experimento 178.4 cm; Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad, densidad de población y altura de planta al corte), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar; ND = No determinado.

A 53. Comparación de medias para la mortalidad de plantas (%) en el cultivo de *M. oleifera* para forraje, entre períodos de crecimiento en los años 2013 y 2014.

Mortalidad (%)	Períodos en el año 2013				Períodos en el año 2014				EE
	P 1	P 2	P 3	EE	P i	P 1	P 2	P 3	
	APC1	4.1 <sup>b</sup>	9.6 <sup>b</sup>	18.5 <sup>a</sup>	1.67	24.1 <sup>a</sup>	18.2 <sup>a</sup>	16.3 <sup>a</sup>	
APC2	3.5 <sup>b</sup>	6.1 <sup>ab</sup>	11.0 <sup>a</sup>	1.59	16.4 <sup>a</sup>	15.3 <sup>a</sup>	15.0 <sup>a</sup>	2.49	

P1, P2 y P3 = Períodos 1, 2 y 3, respectivamente; Pi = Período intermedio entre los años 2013 y 2014 para APC1; APC1 = Altura de planta al corte promedio durante el experimento 145.7 cm; APC2 = Altura de planta al corte promedio durante el experimento 178.4 cm; Valores seguidos de diferente letra entre columnas en el mismo año, indican diferencia estadística significativa (Tukey,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 54. Efecto de la fertilización, variedad, densidad y altura de planta al corte, sobre el contenido de proteína cruda (PC), proteína cruda en fibra detergente neutro (PC FDN), proteína cruda en fibra detergente ácido (PC FDA), proteína cruda en lignina (PC lignina) y cenizas en forraje de *M. oleifera*.

Determinación (g kg <sup>-1</sup> bs)	Fertilización		Variedad		Densidad de población		Altura de planta al corte		EE
	Sin N	Con N	VC	VL	D1	D2	APC 1	APC 2	
PC	147.4 <sup>a</sup>	148.7 <sup>a</sup>	140.6 <sup>b</sup>	155.5 <sup>a</sup>	147.8 <sup>a</sup>	148.3 <sup>a</sup>	158.4 <sup>a</sup>	137.7 <sup>b</sup>	3.48
FDN	448.8 <sup>a</sup>	459.0 <sup>a</sup>	458.7 <sup>a</sup>	449.1 <sup>a</sup>	450.1 <sup>a</sup>	457.7 <sup>a</sup>	435.0 <sup>b</sup>	472.8 <sup>a</sup>	7.91
PC FDN	16.8 <sup>a</sup>	17.0 <sup>a</sup>	14.1 <sup>b</sup>	19.8 <sup>a</sup>	18.3 <sup>a</sup>	15.5 <sup>a</sup>	18.4 <sup>a</sup>	15.4 <sup>a</sup>	1.41
FDA	363.9 <sup>a</sup>	371.2 <sup>a</sup>	373.3 <sup>a</sup>	361.8 <sup>a</sup>	365.3 <sup>a</sup>	369.7 <sup>a</sup>	354.4 <sup>b</sup>	380.7 <sup>a</sup>	7.00
PC FDA	13.9 <sup>a</sup>	13.7 <sup>a</sup>	11.1 <sup>b</sup>	16.5 <sup>a</sup>	15.0 <sup>a</sup>	12.6 <sup>a</sup>	17.0 <sup>a</sup>	10.6 <sup>b</sup>	1.44
Lignina	73.0 <sup>a</sup>	74.0 <sup>a</sup>	75.6 <sup>a</sup>	71.4 <sup>a</sup>	72.0 <sup>a</sup>	75.0 <sup>a</sup>	71.0 <sup>b</sup>	76.0 <sup>a</sup>	1.49
PC Lignina	4.1 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	3.7 <sup>b</sup>	0.11
Cenizas	113.2 <sup>a</sup>	111.6 <sup>a</sup>	108.2 <sup>b</sup>	116.5 <sup>a</sup>	114.4 <sup>a</sup>	110.3 <sup>a</sup>	113.7 <sup>a</sup>	111.1 <sup>a</sup>	1.74

Sin N = Sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); Con N = Con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); VC = Variedad de vaina corta (24 cm); VL = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; APC1 = Altura de planta al corte promedio durante el experimento 145.7 cm; APC2 = Altura de planta al corte promedio durante el experimento 178.4 cm; bs = base seca. Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (fertilización, variedad, densidad y altura de planta al corte), indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 55. Efecto de la fertilización, variedad, densidad y altura de planta al corte, sobre el contenido de proteína cruda (PC), proteína verdadera (PV) y nitrógeno no proteico (NNP) en hojas y tallos de *M. oleifera*.

Determinación (g kg <sup>-1</sup> bs)	Fertilización		Variedad		Densidad		Altura de planta al corte		EE
	Sin N	Con N	VC	VL	D1	D2	AC1	AC2	
PC									
Hojas	257.4 <sup>a</sup>	251.1 <sup>a</sup>	253.5 <sup>a</sup>	255.0 <sup>a</sup>	252.0 <sup>a</sup>	256.5 <sup>a</sup>	263.4 <sup>a</sup>	245.1 <sup>b</sup>	4.29
Tallos	76.6 <sup>a</sup>	79.8 <sup>a</sup>	74.8 <sup>b</sup>	81.5 <sup>a</sup>	80.2 <sup>a</sup>	76.1 <sup>a</sup>	85.8 <sup>a</sup>	70.5 <sup>b</sup>	1.81
PV									
Hojas	216.5 <sup>a</sup>	212.3 <sup>a</sup>	217.1 <sup>a</sup>	211.7 <sup>a</sup>	208.1 <sup>a</sup>	220.7 <sup>a</sup>	206.6 <sup>b</sup>	222.2 <sup>a</sup>	5.14
Tallos	40.4 <sup>a</sup>	39.9 <sup>a</sup>	38.8 <sup>a</sup>	41.4 <sup>a</sup>	40.1 <sup>a</sup>	40.2 <sup>a</sup>	42.2 <sup>a</sup>	38.1 <sup>b</sup>	0.97
NNP									
Hojas	40.9 <sup>a</sup>	38.8 <sup>a</sup>	36.4 <sup>a</sup>	43.3 <sup>a</sup>	43.9 <sup>a</sup>	35.8 <sup>a</sup>	56.7 <sup>a</sup>	23.0 <sup>b</sup>	6.50
Tallos	36.2 <sup>a</sup>	39.8 <sup>a</sup>	36.0 <sup>a</sup>	40.0 <sup>a</sup>	40.1 <sup>a</sup>	35.9 <sup>a</sup>	43.6 <sup>a</sup>	32.4 <sup>b</sup>	1.85

Sin N = Sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); Con N = Con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); VC = Variedad de vaina corta (24 cm); VL = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; AC1 = Altura de planta al corte promedio durante el experimento 145.7 cm; AC2 = Altura de planta al corte promedio durante el experimento 178.4 cm; bs = base seca. Valores seguidos de diferente letra entre columnas, indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

A 56. Efecto del tipo y el tiempo de almacenamiento en el contenido de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina y cenizas, en forraje de *M. oleifera*.

Determinación (g kg <sup>-1</sup> bs)	Tipo de Almacenamiento			EE	Tiempo de Almacenamiento		EE
	Seco	Sin M	Con M		84 d	168 d	
PC	148.5 <sup>a</sup>	136.9 <sup>a</sup>	135.3 <sup>a</sup>	4.18	137.6 <sup>a</sup>	143.0 <sup>a</sup>	3.41
FDN	538.4 <sup>a</sup>	549.8 <sup>a</sup>	463.6 <sup>b</sup>	14.33	505.7 <sup>a</sup>	528.9 <sup>a</sup>	11.70
FDA	422.6 <sup>a</sup>	433.3 <sup>a</sup>	360.9 <sup>b</sup>	12.72	395.8 <sup>a</sup>	415.3 <sup>a</sup>	10.39
Lignina	97.2 <sup>a</sup>	104.0 <sup>a</sup>	91.9 <sup>a</sup>	3.18	90.8 <sup>b</sup>	104.6 <sup>a</sup>	2.59
Cenizas	168.2 <sup>b</sup>	202.6 <sup>a</sup>	201.4 <sup>a</sup>	7.34	189.4 <sup>a</sup>	192.0 <sup>a</sup>	5.99

bs = base seca; Seco = forraje seco; Sin M = forraje ensilado sin melaza; Con M = forraje ensilado con 10 % de melaza; 84 d = forraje almacenado durante 84 días; 168 d = forraje almacenado durante 168 días. Valores seguidos de diferente letra entre columnas dentro del mismo factor (tipo de almacenamiento y tiempo de almacenamiento), indican diferencia estadística significativa (Tukey,  $\alpha = 0.05$  y ANVA,  $P < 0.05$ , respectivamente); EE = Error Estándar.

A 57. Contenido de elementos en hojas del cultivo de *M. oleifera* para forraje.

Elemento	Resultado	Unidades
Nitrógeno (N)	5.27	%
Fósforo (P)	0.34	%
Potasio (K)	1.77	%
Calcio (Ca)	3.52	%
Magnesio (Mg)	0.45	%
Azufre (S)	0.37	%
Hierro (Fe)	206	ppm
Cobre (Cu)	8.82	ppm
Manganeso (Mn)	79.8	ppm
Zinc (Zn)	47.2	ppm
Boro (B)	48.3	ppm

A 58. Contenido de elementos en tallos del cultivo de *M. oleifera* para forraje.

Elemento	Resultado	Unidades
Nitrógeno (N)	1.40	%
Fósforo (P)	0.24	%
Potasio (K)	2.79	%
Calcio (Ca)	1.54	%
Magnesio (Mg)	0.53	%
Azufre (S)	0.51	%
Hierro (Fe)	53.2	ppm
Cobre (Cu)	10.5	ppm
Manganeso (Mn)	29.4	ppm
Zinc (Zn)	32.1	ppm
Boro (B)	32.8	ppm

A 59. Análisis del suelo en el que se desarrolló el cultivo de *M. oleifera* para forraje.

Elemento	Resultado	Unidades
Clase textural	Franco Arcilloso	
Punto de Saturación	45.0	%
Capacidad de Campo	24.0	%
Punto March. Perm.	14.3	%
Cond. Hidráulica	4.40	cm/hr
Dens. Aparente	1.10	g/cm <sup>3</sup>
pH	8.20	
Carbonatos Totales	43.9	%
Salinidad	1.70	ds/m
Ca intercambiable	19.9	meq/100g
Mg intercambiable	16.6	meq/100g
K intercambiable	3.45	meq/100g
Na intercambiable	2.87	meq/100g
CIC	25.8	meq/100g
MO	2.91	%
P-Olsen	126	ppm
K	347	ppm
Ca	3982	ppm
Mg	520	ppm
Na	169	ppm
Fe	9.79	ppm
Zn	22.5	ppm
Mn	3.39	ppm
Cu	4.61	ppm
B	0.84	ppm
S	47.3	ppm
N-NO <sub>3</sub>	33.1	ppm

A 60. Análisis del agua utilizada en el riego para desarrollo del cultivo de *M. oleifera* para forraje.

Elemento	Resultado	Unidades
pH	6.8	
CE	2.82	μS/cm
Ca	12.9	meq/L
Mg	7.6	meq/L
Ca + Mg	20.5	meq/L
CO <sub>3</sub>	0	
HCO <sub>3</sub>	6.2	meq/L
Cl	10.5	meq/L
SO <sub>4</sub>	11.5	meq/L
Σ aniones	28.2	meq/L
Na	7.7	meq/L
Σ cationes	28.2	meq/L
SE	15.3	meq/L
SP	16.25	meq/L
RAS	2.4	
CRS	0	
PSP	50.32	