

Crecimiento y producción de biomasa de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) bajo las condiciones climáticas del Noreste de México

Growth and biomass production of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) under the climatic conditions of Northeastern México

ZAHIDD MEZA-CARRANCO¹, EMILIO OLIVARES-SÁENZ^{1,2}, ERASMO GUTIÉRREZ-ORNELAS¹, HUGO BERNAL-BARRAGÁN¹, JUANA ARANDA-RUIZ¹, RIGOBERTO E. VÁZQUEZ-ALVARADO¹ Y ROBERTO CARRANZA-DE LA ROSA¹

Recibido: Octubre 12, 2016

Aceptado: Noviembre 6, 2016

Resumen

El cultivo de *Moringa oleifera* Lam. representa una alternativa viable para producción de biomasa por tener un rápido crecimiento vegetativo; sin embargo, tanto el crecimiento del cultivo como la producción de biomasa, pueden tener variaciones de acuerdo con las condiciones climatológicas y edáficas en que se desarrolle el cultivo. El objetivo de la presente investigación fue: evaluar el crecimiento y la producción de biomasa en dos niveles de fertilización (0 y 400 kg de N ha⁻¹ año⁻¹), dos variedades de *M. oleifera* (vaina corta 24 cm y vaina larga 45 cm, dos densidades de población (11 y 33 plantas m⁻²) y dos alturas de planta al corte (145.7 y 178.4 cm), durante los años 2013 y 2014 bajo condiciones de riego por goteo. El experimento se realizó a cielo abierto en el estado de Nuevo León, México (25° 47' 07.54" latitud Norte, 100° 17' 03.93" longitud Oeste, altitud de 479 msnm), utilizando un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, con un arreglo factorial Taguchi de 2⁴. La altura de planta registró relación positiva con la producción de biomasa. La densidad de población registró relación negativa al crecimiento, pero en la producción de biomasa registró relaciones positivas y negativas, dependiendo del periodo de crecimiento. Las variedades y la fertilización no registraron diferencias significativas en el crecimiento ni en la producción de biomasa. Se concluye que la altura de planta al corte y la densidad de población, afectan el crecimiento y la producción de biomasa de *M. oleifera*.

Palabras clave: *Moringa oleifera* Lam., fertilización, variedades, densidad de población, altura de planta.

Abstract

Cultivation of *Moringa oleifera* Lam. is a viable alternative for biomass production by having a fast vegetative growth; however, both crop growth and biomass production may vary according to the climatic and edaphic conditions in which the crop develops. The objective of this study was to evaluate the growth and biomass production in two levels of fertilization (0 and 400 kg of N ha⁻¹ year⁻¹), two varieties of *M. oleifera* (short pod 24 cm and long pod 45 cm), two planting densities (11 and 33 plants m⁻²) and two plant height at cut (145.7 and 178.4 cm), during the years 2013 and 2014, under drip irrigation conditions. The experiment was realized in open sky conditions in Nuevo Leon state, Mexico (25° 47' 07.54" North latitude, 100° 17' 03.93" West longitude, and altitude of 479 mamsl), using an experimental randomized block design with four repetitions, with a factorial arrangement Taguchi of 2⁴. The Plant height was positively associated to biomass production. The planting density registered negative relationship to growth, but in biomass production showed positive and negative relationships, depending of growth period. The varieties and fertilization did not show significant differences in growth or biomass production. It is concluded that plant height at cutting and planting density, affect the growth and biomass production of *M. oleifera*.

Keywords: *Moringa oleifera* Lam., fertilization, varieties, planting density, plant height.

¹ UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN. Facultad de Agronomía. Francisco Villa s/n. Col. Ex-hacienda "El Canadá". Gral. Escobedo, Nuevo León. C.P. 66050. Tel. (81) 1340-4399.

² Dirección electrónica del autor de correspondencia: emolivares@gmail.com.

Introducción

El árbol de *M. oleifera* es originario de la India y actualmente se está cultivado en México y otras partes del Mundo. Este árbol es de rápido crecimiento y llega a tener una altura superior a 5 m en el mismo año de su siembra desde semilla; árboles adultos llegan a desarrollarse hasta 10 m de altura (Paliwal *et al.*, 2011). El árbol de *M. oleifera* tiene una gran capacidad de resistencia a las podas, ofreciendo así flexibilidad para manejarlo como forraje que se puede estar cosechando en diversas ocasiones durante el año; sin embargo, existen factores que afectan su producción de biomasa, tales como la temperatura ambiental, la humedad disponible en el suelo, la variedad del cultivo, la fertilización, entre otros (Reyes *et al.*, 2006; Mendieta *et al.*, 2013).

Las plantas, al igual que 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 y potasio; sin embargo, en la mayoría de los casos no están en las 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 (FAO, 2015).

La fertilización con nitrógeno para la producción de forraje de *M. oleifera* fue evaluada por Mendieta *et al.* (2013), utilizando las dosis de 0, 261, 521 y 782 kg de N ha⁻¹ año⁻¹, encontrando que la mejor respuesta en producción de materia seca total (25 t.ha⁻¹ año⁻¹ aproximadamente), se obtuvo con 521 kg de N ha⁻¹ año⁻¹ y a una densidad de población de 17 plantas m⁻².

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 Mendieta *et al.* (2013), quienes realizaron un experimento con *M. oleifera*, utilizando 10 y 17 plantas m⁻², obteniendo una producción de materia seca de 11.6 y 21.2 t.ha⁻¹ año⁻¹, en plantas con altura promedio de 119 cm, cosechando a intervalos de 45 días después del rebrote.

La frecuencia con la que se corta el forraje de *M. oleifera* es un factor que afecta el comportamiento de la planta (Reyes *et al.*, 2006; Bamishaiye *et al.*, 2011), reflejando variación en la producción de biomasa, tal como lo demuestra el experimento realizado por Reyes *et al.* (2006), en el que evaluaron etapas para cosechar forraje de 45, 60 y 75 días de rebrote, registrando una cantidad de materia seca respectiva de 9.1, 11, y 17.6 t.ha⁻¹ año⁻¹.

Debido a que *M. oleifera* se ha extendido desde la India al resto del mundo, se ha adaptado a diversas condiciones locales, generando así muchas variaciones de la planta, por lo que es importante contar con la mayor cantidad de genotipos posibles para poder obtener un mayor conocimiento de la variación en los parámetros de interés, tales como producción de biomasa, 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 que se pueden tomar como base para mejorar el cultivo. Además, encontraron que las variaciones en la pared celular pueden ser atribuidas a muchos factores, entre los cuales se encuentran la velocidad del viento y el contenido de humedad en el suelo.

En México existe una amplia variabilidad de condiciones climatológicas, 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 la producción de biomasa de *M. oleifera*, para obtener una referencia de la productividad que pudiera tener el cultivo en cada zona (Abubakar *et al.*, 2011). El objetivo de esta investigación fue evaluar el crecimiento y la producción de biomasa de dos variedades de *M. oleifera* (vaina corta 24 cm y vaina larga 45 cm), dos densidades de población (11 y 33 plantas m⁻²), dos niveles de fertilización nitrogenada (0 y 400 kg de N ha⁻¹ año⁻¹) y dos alturas de planta al corte (145.7 y 178.4 cm) en distintos periodos durante dos años consecutivos (2013 y 2014), bajo condiciones de riego por goteo.

Materiales y métodos

Localización del área experimental

El presente trabajo se realizó los años 2013 y 2014, en instalaciones de la Facultad de Agronomía de la UANL, localizada en el Campus Ciencias Agropecuarias en el municipio de Gral. Escobedo, Nuevo León, México, con una ubicación geográfica de 25° 47' 07.54" latitud Norte, 100° 17' 03.93" longitud Oeste, altitud de 479 msnm (INEGI, 2012) y precipitación pluvial anual de 581 mm (INEGI, 2011). La temperatura ambiental (°C) durante el experimento, se registró con un almacenador de datos (Data Logger S100TH) a intervalos de cada hora.

El suelo del área experimental registró un pH de 7.9, el contenido de materia orgánica y nitrógeno fue de 2.9 y 0.18%, respectivamente. De acuerdo con el método descrito por Olsen *et al.* (1954), el contenido de fósforo disponible fue de 17.5 ppm y el contenido de potasio disponible fue de 1.0 meq 100 g⁻¹. El suelo pertenece a la clase arcilloso fino, según USDA (2011).

Preparación del suelo y siembra

El área experimental (264 m²) se preparó con dos pasos de rastra cruzada (29 de enero 2013) y posteriormente se fertilizó (7 de marzo del 2013) con vermicomposta de estiércol bovino a razón de 5 t.ha⁻¹; además se utilizó fertilizante granulado con fósforo, potasio y azufre (50, 50 y 6 kg ha⁻¹ año⁻¹ de P₂O₅, K₂O, y S,

respectivamente). En los tratamientos que incluyeron nitrógeno (400 kg ha⁻¹ año⁻¹), éste se aplicó con sulfato de amonio para agregar 100 kg de N ha⁻¹ al inicio del experimento y después de cada cosecha, incorporando la fertilización inicial al suelo por medio de una roto-cultivadora; el resto de la fertilización nitrogenada se aplicó a razón de 100 kg N ha⁻¹, 15 días después de cada cosecha, incorporándola al suelo al momento de cultivar.

El cultivo de *M. oleifera* se estableció el 29 de marzo del 2013, en cajas de propagación de unisel con 200 cavidades cada una, utilizando sustrato de turba grado hortícola (COSMOPEAT). El trasplante se realizó el 22 de abril del 2013, cuando la planta registró 15 cm de altura promedio.

El cultivo se desarrolló en condiciones de riego por goteo con cintilla de 16 mm de diámetro interno, con goteros espaciados a 20 cm y un gasto de 484 l h⁻¹ en 100 m a 10 psi, con espaciamiento de 60 cm entre líneas de riego. El riego se aplicó cuando los dos tensiómetros con profundidad de 30 cm, indicaban lecturas entre 15 y 20 centibares.

Tratamientos

Los tratamientos estuvieron formados por la combinación de dos niveles de fertilización nitrogenada (0 y 400 kg ha⁻¹ año⁻¹), dos variedades de *M. oleifera*: vaina corta (24 cm) y vaina larga (45 cm), dos densidades de población (11 y 33 plantas m⁻²) y dos alturas de planta al corte (145.7 y 178.4 cm). El efecto de la interacción de tres factores se confundió con el efecto principal del cuarto factor, para constituir un diseño Taguchi 2⁴. El corte de las plantas se realizó a 15 cm sobre el nivel del suelo.

El experimento se estableció bajo un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, con una unidad experimental de 3.0 x 2.8 m. De cada unidad experimental se eliminó un perímetro de 30 cm para descartar el efecto de borde en los datos a evaluar. Los tratamientos se ubicaron en campo de oriente a poniente, y las repeticiones de norte a sur, dejando pasillos de 1.0 m entre repeticiones para facilitar la toma de datos.

El material cosechado fue separado manualmente en dos fracciones: la hoja, correspondiendo solo a los folíolos, mientras que la fracción de tallo, incluyó el tallo y el raquis de la hoja. El peso fresco y seco de cada fracción por separado fue registrado, para obtener las variables: relación tallo:hoja (en gramos en base seca, g bs); peso de la biomasa fresca total (BFT) y biomasa seca total (BST), ambas biomásas medidas en toneladas por hectárea ($t \cdot ha^{-1}$). La altura de planta se registró cada semana en cinco plantas por unidad experimental, para obtener la variable: altura de planta en centímetros (cm). La mortalidad de plantas fue calculada a partir del porcentaje de plantas muertas después de cada periodo.

Los periodos evaluados para la altura de planta al corte 1 (AC1) (145.7 cm) consistieron en las siguientes fechas: en el año 2013 se obtuvieron 3 periodos, del 22 de abril al 23 de junio (62 días con 27.5 °C promedio), del 23 de junio al 11 de agosto (49 días con 29.3 °C promedio) y del 11 de agosto al 06 de octubre (56 días con 26.4 °C promedio) y en el año 2014 se obtuvieron 4 periodos, del 06 de octubre de 2013 al 25 de mayo de 2014 (231 días con 18.6 °C promedio), del 25 de mayo al 20 de julio (56 días con 28.2 °C promedio), del 20 de julio al 31 de agosto (42 días con 29.8 °C promedio) y del 31 de agosto al 09 de noviembre (70 días con 23.9 °C promedio).

Los periodos evaluados para la altura de planta al corte 2 (AC2) (178.4 cm) consistieron en las siguientes fechas: en el 2013 se obtuvieron 3 periodos, del 22 de abril al 14 de julio (83 días con 27.9 °C promedio), del 14 de julio al 15 de septiembre (63 días con 28.6 °C promedio) y del 15 de septiembre de 2013 al 02 de febrero de 2014 (140 días con 17.6 °C promedio) y en el 2014 se obtuvieron 3 periodos, del 02 de febrero al 08 de junio (126 días con 22.6 °C promedio), del 08 de junio al 03 de agosto (56 días con 28.8 °C promedio) y del 03 de agosto al 05 de octubre (63 días con 27.2 °C promedio).

La diferencia de medias entre periodos se determinó por medio de la prueba de Tukey

($P < 0.05$) y la diferencia de medias entre los niveles de los factores (fertilización, variedad, densidad y altura de planta) se determinaron por medio de análisis de varianza (ANVA, $P < 0.05$); ambos análisis se realizaron utilizando el paquete estadístico SPSS versión 20.0.

La temperatura mínima y máxima en la que se registró el incremento en la velocidad de crecimiento, se obtuvo seleccionando en la base de datos, plantas con altura mayor o igual a 45 cm, con propósito de reducir la variabilidad en el crecimiento inicial del cultivo (Figura 1).

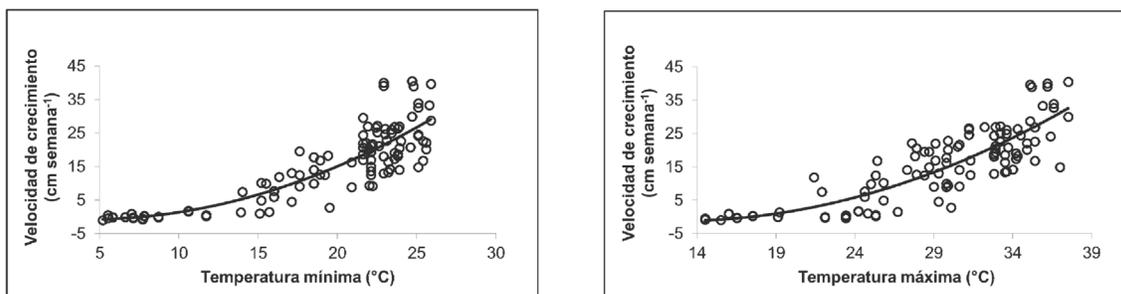
Las ecuaciones de regresión múltiple con efectos cuadráticos utilizadas para calcular la velocidad de crecimiento en función de la temperatura mínima, máxima y la altura de la planta, no consideraron los periodos en los que la planta registró interrupción en el crecimiento por temperaturas bajas (periodo 3 y AC2 en el año 2013, así como el periodo 1 y AC1 en el 2014). La técnica de máximos y mínimos de una función, fue utilizada para determinar la altura de planta que presentó la máxima velocidad de crecimiento (Figura 2).

Resultados y discusión

Crecimiento del cultivo

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 1). Paliwal *et al.* (2011) y Ferreira *et al.* (2015) mencionan que el crecimiento de *M. oleifera* 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. La velocidad de crecimiento registró mayor variabilidad, conforme fue aumentando la temperatura ambiental mínima y máxima (Figura 1).

Figura 1. 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 2).

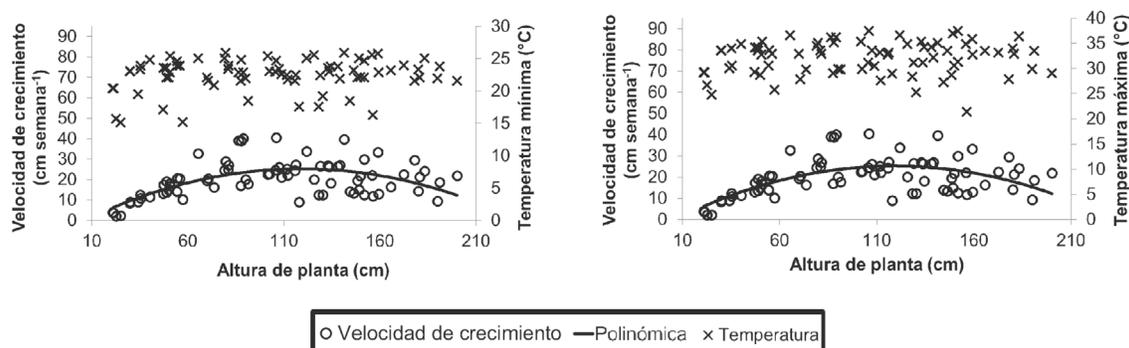
La velocidad de crecimiento también se explicó en función de la temperatura máxima, la altura y el efecto cuadrático (Figura 2), encontrando que las tres variables tuvieron efecto significativo sobre la velocidad de crecimiento ($P = 0.000$ para las tres variables). La ecuación de regresión es la siguiente:

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

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 2).

Figura 2. Velocidad de crecimiento del cultivo de *M. oleifera*, altura de planta, temperatura ambiental mínima y máxima.



Producción de biomasa

La producción de Biomasa Fresca Total (BFT), registró diferencia significativa ($P < 0.05$) entre periodos, solo en el año 2013, obteniendo 33.1, 38.9 y 25.6 t.ha⁻¹ corte⁻¹ en los periodos 1, 2 y 3 con un promedio de 32.5 t.ha⁻¹ corte⁻¹ año⁻¹ (Cuadro 1), los días transcurridos al corte fueron 62, 49 y 56, con las temperaturas promedio respectivas de 29.5, 27.3 y 26.4 °C, respectivamente. El mayor número de días al corte se presentó en el primer periodo, debido a que las plantas cosechadas procedían de plántulas trasplantadas, mientras que en los periodos subsecuentes fueron brotes de la planta inicial. Los altos y bajos rendimientos en el segundo y tercer corte, respectivamente, se explican por las temperaturas presentadas en ambos periodos (Figuras 1 y 2). En el año 2014 se registraron 4 periodos en donde no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre ellos; el promedio de rendimiento de BFT fue de 33.7 t.ha⁻¹ corte⁻¹ (Cuadro 1). 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 de *M. oleifera* forrajera por año en las partes bajas del estado de Nuevo León, con rendimientos promedio de forraje fresco de 134.8 t.ha⁻¹ año⁻¹.

Reyes *et al.* (2006) registraron producciones de forraje fresco en el primer año de evaluación de 71.4, 75.3 y 100.3 t.ha⁻¹ año⁻¹, cosechando el forraje en periodos 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 t.ha⁻¹ año⁻¹, atribuyendo la disminución en la producción de forraje a una menor precipitación pluvial durante el segundo año.

En la presente investigación, la producción de BFT registró diferencias ($P < 0.05$) en altura de planta al corte, obteniendo una relación positiva, es decir que a mayor altura de planta, se obtuvo mayor producción de BFT (Cuadros 2 y 3).

La producción de BFT registró además, diferencia ($P < 0.05$) entre densidades de población, en el primer año, en donde durante el primer periodo se obtuvieron 30.7 y 35.5 t.ha⁻¹ corte⁻¹, para las densidades de 11 y 33 plantas m⁻², mientras que en el tercer periodo fue inversa la proporción, registrando 27.2 y 24.0 t.ha⁻¹ corte⁻¹ para las densidades respectivas a 11 y 33 plantas m⁻². La mayor producción de BFT con la mayor densidad en el primer periodo, se debió a que todas las plantas tenían un tallo correspondiente al del crecimiento inicial después del trasplante, mientras que en el tercer periodo, la mayor producción de BFT se obtuvo con la menor densidad de población, este comportamiento está asociado a la mortalidad, debido a que en el tercer periodo se observó mayor ($P < 0.05$) mortalidad en la densidad de 33 plantas m⁻² (Cuadro 2). Reyes *et al.* (2006) concluyeron que pueden plantarse de 50 a 75

Cuadro 1. Comparación de periodos en la producción de biomasa de *M. oleifera* durante los años 2013 y 2014.

Variable	Periodos en el año 2013			EE	Periodos en el año 2014				EE
	1	2	3		1	2	3	4	
BFT (t.ha ⁻¹)	33.1 ^b	38.9 ^a	25.6 ^c	1.25	35.1 ^a	33.5 ^a	34.1 ^a	32.1 ^a	1.61
BST (t.ha ⁻¹)	5.4 ^a	5.5 ^a	3.5 ^b	0.23	5.1 ^a	4.7 ^a	4.2 ^{ab}	3.5 ^b	0.24
Relación tallo:hoja (g bs)	2.1:1.0 ^b	1.7:1.0 ^c	2.4:1.0 ^a	0.09	2.4:1.0 ^a	2.0:1.0 ^b	1.9:1.0 ^b	1.9:1.0 ^b	0.08
Mortalidad (%)	3.8 ^b	7.9 ^b	14.8 ^a	1.22	20.3 ^a	16.8 ^a	15.7 ^a	15.9 ^a	1.75
Altura de planta (m)	159.0 ^a	170.8 ^a	139.0 ^b	4.87	157.9 ^a	169.4 ^a	170.7 ^a	156.2 ^a	6.25

BFT = Biomasa Fresca Total; BST = Biomasa Seca Total; g bs = gramos en base seca. Valores seguidos de diferente letra en hileras para cada periodo indican diferencia estadística significativa (Tukey, $P < 0.05$); EE = Error Estándar.

plantas m⁻² en caso de no tener falta de humedad; sin embargo, la competencia entre plantas también se debe a la irradiación solar.

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 periodos de los dos años evaluados.

La producción de Biomasa Seca Total (BST) registró diferencias significativas entre periodos en los dos años evaluados (Cuadro 1), obteniendo mayores producciones en los primeros dos periodos de cada año, con valores de 5.4 y 5.5 t.ha⁻¹ periodo⁻¹ en el 2013, así como 5.1 y 4.7 t.ha⁻¹ periodo⁻¹ en el 2014. La producción de BST por año registrada fue de 14.4 y 17.5 t.ha⁻¹ año⁻¹ para el primero y segundo

año, respectivamente; la mayor producción de BST en el segundo año, se debió a que se obtuvieron cuatro periodos de cosecha en AC1 y tres periodos en AC2, comparado con tres periodos en AC1 y tres periodos en AC2, durante el primer año; además, en el primer año se inició con el trasplante hasta el mes de abril. Reyes *et al.* (2006) registraron producciones de forraje seco en el primer año de 13.5, 15.2 y 24.7 t.ha⁻¹ año⁻¹, cosechando el forraje en periodos de 45, 60 y 75 días, respectivamente, mientras que en el segundo año de evaluación, registraron valores de 4.7, 6.8 y 10.4 t.ha⁻¹ año⁻¹, mencionando que la disminución en la producción de forraje fue debida a una menor precipitación pluvial durante el segundo año.

Cuadro 2. Efecto de la fertilización, variedad, densidad y altura de planta al corte, sobre la altura de planta (cm), producción de biomasa fresca total (BFT; t.ha⁻¹), biomasa seca total (BST; t.ha⁻¹), relación tallo hoja (g bs) y mortalidad (%) de *M. oleifera* en diversos periodos durante el año 2013.

	Fertilización		EE	Variedad		EE	Densidad		EE	Altura de planta al corte		EE
	Sin N	Con N		VC	VL		D1	D2		AC1	AC2	
Primer periodo												
Altura de planta (cm)	159.4 ^a	158.6 ^a	4.05	155.3 ^a	162.7 ^a	4.02	171.1 ^a	146.8 ^b	4.04	138.2 ^b	179.7 ^a	4.02
BFT (t.ha ⁻¹)	33.0 ^a	33.3 ^a	0.99	32.7 ^a	33.5 ^a	0.98	30.7 ^b	35.5 ^a	0.99	28.2 ^b	38.1 ^a	0.98
BST (t.ha ⁻¹)	5.4 ^a	5.3 ^a	0.18	5.2 ^a	5.5 ^a	0.18	5.0 ^b	5.7 ^a	0.18	4.0 ^b	6.7 ^a	0.18
Relación tallo:hoja (g bs)	2.1:1.0 ^a	2.0:1.0 ^a	0.09	2.1:1.0 ^a	2.1:1.0 ^a	0.09	2.0:1.0 ^a	2.1:1.0 ^a	0.09	1.8:1.0 ^b	2.4:1.0 ^a	0.09
Mortalidad (%)	3.8 ^a	3.9 ^a	0.65	3.3 ^a	4.3 ^a	0.65	3.1 ^a	4.6 ^a	0.65	4.1 ^a	3.5 ^a	0.65
Segundo periodo												
Altura de planta (cm)	169.6 ^a	172.0 ^a	4.19	173.0 ^a	168.6 ^a	4.16	184.6 ^a	156.9 ^b	4.18	151.6 ^b	190.0 ^a	4.16
BFT (t.ha ⁻¹)	38.9 ^a	38.9 ^a	1.25	39.0 ^a	38.9 ^a	1.24	40.5 ^a	37.3 ^a	1.25	32.4 ^b	45.4 ^a	1.24
BST (t.ha ⁻¹)	5.6 ^a	5.5 ^a	0.19	5.4 ^a	5.7 ^a	0.19	5.7 ^a	5.4 ^a	0.19	4.4 ^b	6.7 ^a	0.19
Relación tallo:hoja (g bs)	1.7:1.0 ^a	1.7:1.0 ^a	0.03	1.7:1.0 ^a	1.7:1.0 ^a	0.03	1.6:1.0 ^b	1.7:1.0 ^a	0.03	1.7:1.0 ^a	1.7:1.0 ^a	0.03
Mortalidad (%)	7.2 ^a	8.5 ^a	0.94	6.8 ^a	8.9 ^a	0.93	4.9 ^b	10.8 ^a	0.94	9.6 ^a	6.1 ^b	0.93
Tercer periodo												
Altura de planta (cm)	137.8 ^a	140.1 ^a	4.05	140.1 ^a	137.8 ^a	4.02	150.9 ^a	127.0 ^b	4.04	151.4 ^a	126.5 ^b	4.02
BFT (t.ha ⁻¹)	26.1 ^a	25.1 ^a	0.87	26.0 ^a	25.2 ^a	0.87	27.2 ^a	24.0 ^b	0.87	29.5 ^a	21.7 ^b	0.87
BST (t.ha ⁻¹)	3.6 ^a	3.5 ^a	0.13	3.6 ^a	3.5 ^a	0.13	3.7 ^a	3.4 ^a	0.13	3.5 ^a	3.6 ^a	0.13
Relación tallo:hoja (g bs)	2.5:1.0 ^a	2.4:1.0 ^a	0.09	2.4:1.0 ^a	2.5:1.0 ^a	0.09	2.4:1.0 ^a	2.5:1.0 ^a	0.09	1.8:1.0 ^b	3.0:1.0 ^a	0.09
Mortalidad (%)	13.0 ^a	16.5 ^a	1.77	13.3 ^a	16.2 ^a	1.80	8.2 ^b	21.4 ^a	1.77	18.5 ^a	11.1 ^b	1.76

Sin N = Sin nitrógeno (0 kg N ha⁻¹ año⁻¹); Con N = Con nitrógeno (400 kg N ha⁻¹ año⁻¹); VC = Variedad de vaina corta (24 cm); VL = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m⁻²; D2 = Densidad de población de 33 plantas m⁻²; 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; g bs = gramos en base seca. Valores seguidos de diferente letra entre columnas, indican diferencia estadística significativa (ANVA, $P < 0.05$); EE = Error Estándar.

Cuadro 3. Efecto de la fertilización, variedad, densidad y altura de planta al corte, sobre la altura de planta (cm), producción de biomasa fresca total (BFT; t.ha⁻¹), biomasa seca total (BST; t.ha⁻¹), relación tallo hoja (g bs) y mortalidad (%) de *M. oleifera* en diversos periodos durante el año 2014.

	Fertilización		EE	Variedad		EE	Densidad		EE	Altura de planta al corte		EE
	Sin N	Con N		VC	VL		D1	D2		AC1	AC2	
Primer periodo												
Altura de planta (cm)	157.7 ^a	158.2 ^a	4.44	160.7 ^a	155.1 ^a	4.41	173.7 ^a	142.1 ^b	4.43	124.3 ^b	191.6 ^a	4.41
BFT (t.ha ⁻¹)	36.0 ^a	34.2 ^a	2.13	36.5 ^a	33.6 ^a	2.11	37.6 ^a	32.6 ^a	2.12	30.0 ^b	40.2 ^a	2.11
BST (t.ha ⁻¹)	5.3 ^a	4.9 ^a	0.32	5.4 ^a	4.8 ^a	0.32	5.6 ^a	4.6 ^b	0.32	4.2 ^b	6.0 ^a	0.32
Relación tallo:hoja (g bs)	2.4:1.0 ^a	2.5:1.0 ^a	0.09	2.6:1.0 ^a	2.3:1.0 ^b	0.09	2.4:1.0 ^a	2.4:1.0 ^a	0.09	2.1:1.0 ^b	2.8:1.0 ^a	0.09
Mortalidad (%)	20.1 ^a	20.4 ^a	1.76	17.1 ^b	23.4 ^a	1.75	12.6 ^b	27.9 ^a	1.76	24.0 ^a	16.5 ^b	1.75
Segundo periodo												
Altura de planta (cm)	169.5 ^a	169.3 ^a	3.76	170.1 ^a	168.7 ^a	3.73	177.4 ^a	161.4 ^b	3.75	155.3 ^b	183.5 ^a	3.73
BFT (t.ha ⁻¹)	33.9 ^a	33.1 ^a	1.47	34.5 ^a	32.4 ^a	1.46	33.0 ^a	34.0 ^a	1.46	30.5 ^b	36.5 ^a	1.46
BST (t.ha ⁻¹)	4.7 ^a	4.6 ^a	0.21	4.7 ^a	4.5 ^a	0.21	4.5 ^a	4.8 ^a	0.21	3.9 ^b	5.4 ^a	0.21
Relación tallo:hoja (g bs)	2.0:1.0 ^a	2.0:1.0 ^a	0.07	1.9:1.0 ^a	2.0:1.0 ^a	0.07	2.0:1.0 ^a	2.0:1.0 ^a	0.07	1.7:1.0 ^b	2.2:1.0 ^a	0.07
Mortalidad (%)	16.9 ^a	16.6 ^a	1.70	16.1 ^a	17.4 ^a	1.68	12.4 ^b	21.1 ^a	1.69	18.0 ^a	15.5 ^a	1.68
Tercer periodo												
Altura de planta (cm)	169.6 ^a	171.8 ^a	5.05	166.9 ^a	174.5 ^a	5.01	176.9 ^a	164.5 ^b	5.03	141.1 ^b	200.3 ^a	5.01
BFT (t.ha ⁻¹)	34.2 ^a	33.9 ^a	1.08	34.1 ^a	34.0 ^a	1.07	33.1 ^a	35.0 ^a	1.08	25.7 ^b	42.4 ^a	1.07
BST (t.ha ⁻¹)	4.2 ^a	4.2 ^a	0.16	4.2 ^a	4.2 ^a	0.16	4.1 ^a	4.3 ^a	0.16	3.3 ^b	5.1 ^a	0.15
Relación tallo:hoja (g bs)	1.9:1.0 ^a	1.9:1.0 ^a	0.03	1.9:1.0 ^a	1.9:1.0 ^a	0.03	1.8:1.0 ^b	1.9:1.0 ^a	0.03	1.5:1.0 ^b	2.2:1.0 ^a	0.03
Mortalidad (%)	15.4 ^a	16.0 ^a	1.45	13.2 ^b	18.1 ^a	1.43	11.9 ^b	19.4 ^a	1.44	16.2 ^a	15.1 ^a	1.43
Cuarto periodo												
Altura de planta (cm)	158.4 ^a	153.9 ^a	6.04	153.3 ^a	159.1 ^a	6.04	160.7 ^a	151.7 ^a	5.93	156.2	ND	ND
BFT (t.ha ⁻¹)	32.8 ^a	31.4 ^a	1.20	31.8 ^a	32.4 ^a	1.20	31.8 ^a	32.4 ^a	1.18	32.1	ND	ND
BST (t.ha ⁻¹)	3.6 ^a	3.3 ^a	0.27	3.4 ^a	3.6 ^a	0.27	3.4 ^a	3.5 ^a	0.27	3.5	ND	ND
Relación tallo:hoja (g bs)	1.9:1.0 ^a	1.9:1.0 ^a	0.16	1.9:1.0 ^a	1.9:1.0 ^a	0.16	1.8:1.0 ^a	2.0:1.0 ^a	0.16	1.9:1.0	ND	ND
Mortalidad (%)	15.5 ^a	16.2 ^a	1.32	13.4 ^b	18.3 ^a	1.31	9.7 ^b	22.0 ^a	1.31	24.1	ND	ND

Sin N = Sin nitrógeno (0 kg N ha⁻¹ año⁻¹); Con N = Con nitrógeno (400 kg N ha⁻¹ año⁻¹); VC = Variedad de vaina corta (24 cm); VL = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m⁻²; D2 = Densidad de población de 33 plantas m⁻²; 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; g bs = gramos en base seca. Valores seguidos de diferente letra entre columnas, indican diferencia estadística significativa (ANVA, P < 0.05); EE = Error Estándar; ND = no determinado.

La producción de BST en la presente investigación durante los dos años evaluados, mostró la misma tendencia que BFT, encontrando mayores rendimientos en AC2 (P < 0.05) (Cuadros 2 y 3); sin embargo, solo en el tercer periodo del año 2013 no registró diferencia significativa (P > 0.05) entre alturas de planta en la producción de BST, debido a que solo registró una diferencia de 24.9 cm entre las alturas evaluadas, ocasionada por la cosecha prematura, debida a la interrupción del crecimiento en la altura de planta AC2, por presencia de temperatura ambiental mínima inferior a 0 °C.

La producción de BST registró diferencia significativa (P < 0.05) entre densidades de población, solo en el primer periodo de cada año, obteniendo 5.0 y 5.7 t.ha⁻¹ corte⁻¹ para las densidades de 11 y 33 plantas m⁻² durante el 2013, mientras que se registraron 5.6 y 4.6 t.ha⁻¹ corte⁻¹ en las densidades de 11 y 33 plantas m⁻² en el 2014. La producción de BST en el año 2013 fue de 14.4 y 14.5 t.ha⁻¹ año⁻¹ para 11 y 33 plantas m⁻², mientras que en el 2014, la producción de BST respectiva fue de 17.6 y 17.2 t.ha⁻¹ año⁻¹. Mendieta *et al.* (2013) registraron 11.6 y 21.2 t.ha⁻¹ año⁻¹, utilizando densidades de

población de 10 y 17 plantas m^{-2} . La producción de BST en la presente investigación, no registró diferencias significativas ($P > 0.05$) entre niveles de fertilización ni entre variedades en ningún periodo durante los dos años evaluados. Mendieta *et al.* (2013) obtuvieron una mayor ($P < 0.05$) producción de BST utilizando 521 kg de N ha^{-1} año $^{-1}$, en comparación con 0 kg de N ha^{-1} año $^{-1}$.

Relación tallo:hoja

La relación tallo:hoja registró diferencia significativa ($P < 0.05$) entre periodos en ambos años del experimento (Cuadro 1), obteniendo los mayores valores en el tercer periodo del 2013 y primer periodo del 2014, con 2.4:1.0 g bs en ambos periodos, este efecto está asociado con una relación negativa a la temperatura media ambiental, ya que en esos periodos se registraron las temperaturas menores durante el estudio. Este resultado indica que la temperatura también está asociada con una mayor producción de hoja, lo que tiene como consecuencia una mayor actividad fotosintética y mayores contenidos de proteína en el forraje.

La relación tallo:hoja registró diferencia significativa en el factor altura de planta al corte ($P < 0.05$) en la mayoría de los periodos evaluados en ambos años (Cuadros 2 y 3), mostrando una relación positiva, es decir, a mayor altura de planta al corte, se registró mayor peso de tallos en relación al peso de hojas; este resultado indica que la menor altura de planta al corte tiene una mayor calidad del forraje, debido a que la hoja tiene mayor contenido de proteína que el tallo (Mendieta *et al.*, 2013). La relación tallo:hoja registró además diferencias significativas ($P < 0.05$) entre densidades, solo en el segundo periodo del primer año y en el tercer periodo del segundo año con valores de 1.6:1.0 y 1.7:1.0 g bs para las densidades de 11 y 33 plantas m^{-2} en el primer año, mientras que en el segundo año se registraron las relaciones de 1.8:1.0 y 1.9:1.0 g bs en las densidades de 11 y 33 plantas m^{-2} .

El mayor peso de hojas respecto al peso de tallo en la densidad de 11 plantas m^{-2} se explica por la pérdida de hojas inferiores en la

densidad de 33 plantas m^{-2} debido a la caída de hojas inferiores en esta última densidad por efecto de falta de radiación solar. La relación tallo:hoja, registró diferencia significativa ($P < 0.05$) entre variedades, solo en el segundo año y en el primer periodo, obteniendo 2.6:1.0 y 2.3:1.0 g bs para la variedad de vaina corta y vaina larga, respectivamente; sin embargo, en la interacción de variedad con altura de planta al corte, registró diferencia significativa ($P < 0.05$) solo en el primer año y en el segundo periodo, obteniendo una menor relación tallo:hoja (1.6:1.0 g bs) la combinación de variedad vaina larga con AC2. La fertilización no ocasionó diferencias significativas ($P > 0.05$) analizado como efecto principal; sin embargo, en interacción, registró diferencia significativa ($P < 0.05$) solo en el segundo periodo 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 g bs, al evaluar dosis de fertilización nitrogenada de 0, 261, 521 y 782 kg de N ha^{-1} año $^{-1}$, respectivamente, mientras que para las densidades de 10 y 17 plantas m^{-2} registraron relaciones de 1.7:1.0 y 1.8:1.0 g bs, tomando como fracción fina partículas con diámetro menor a 5 mm, incluyendo hojas, peciolo y tallos suaves, mientras que la fracción gruesa consistió de los tallos con diámetro mayor a 5 mm.

Mortalidad

El cultivo de *M. oleifera* presentó daños causados por el gusano gallina ciega (*Phyllophaga* spp.), observándose el daño en el rebrote de cada cosecha. Se registraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre periodos solo durante el primer año, obteniendo la mayor mortalidad en el tercer periodo con 14.8% (Cuadro 1). La mortalidad registró además diferencia ($P < 0.05$) entre las densidades de población en la mayoría de los periodos durante ambos años del experimento, obteniendo una relación positiva, es decir que a mayor densidad de población se registró mayor mortalidad (Cuadros 2 y 3). Las plantas faltantes se

repusieron con plantas nuevas por medio de trasplante, en las que se presentaron daños causados por conejos (*Oryctolagus spp.*), reponiéndose nuevamente después de la cosecha.

La mortalidad registró diferencia significativa ($P < 0.05$) entre alturas de planta al corte en el segundo y tercer periodo del 2013, con valores respectivos de 9.6 y 6.1%, así como 18.5 y 11.1% para AC1 y AC2, respectivamente, mientras que en el 2014 sólo se registró diferencia significativa ($P < 0.05$) en el primer periodo con valores de 24.0 y 16.5% para AC1 y AC2, respectivamente.

La mortalidad registró diferencia significativa ($P < 0.05$) entre variedades, solo durante el segundo año de evaluación del experimento (Cuadro 3), registrando una mayor ($P < 0.05$) mortalidad la variedad de vaina larga en los periodos primero, tercero y cuarto, con valores de 23.4, 18.1 y 18.3%, respectivamente, mientras que la variedad de vaina corta registró valores respectivos de 17.1, 13.2 y 13.4%.

La mortalidad no registró diferencias entre niveles de fertilización en ninguno de los periodos del experimento. Mendieta *et al.* (2013) registraron una mortalidad de 0.37% en el cultivo de *M. oleifera*, debido a la termita. 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.

Conclusiones

El crecimiento y la producción de biomasa de *M. oleifera* fluctúan en relación con los periodos en que se desarrolle el cultivo, evidenciando a la temperatura ambiental como uno de los factores que marca la pauta en el desarrollo del cultivo. La combinación óptima de los factores en la presente investigación puede variar depende del enfoque, debido a que la altura de planta al corte que produce mayor BST fue AC2, además de tener una menor mortalidad; sin embargo, AC1 tiene una menor relación tallo:hoja; la densidad de 11 plantas m⁻²

desarrolla mayor altura de planta, además de tener una menor mortalidad y una menor relación tallo:hoja; la variedad de vaina corta obtuvo menor mortalidad; sin embargo, la variedad de vaina larga registró menor relación tallo:hoja; la fertilización no registró diferencia significativa, pudiendo optar por no fertilizar.

Literatura citada

- ABUBAKAR, B. Y., S. MuA'zu, A. U. Khan and A. K. Adamu. 2011. Morpho-anatomical variation in some accessions of *M. oleifera* Lam. from northern Nigeria. *Afr. J. Plant Sci.* 5(12):742-748.
- 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.
- 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.
- Ferreira, P. da C., P. S. de O. Rabello, A. Borsol, E. de V. Soares, L. T. Egidio, J. P. Tlago 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.
- 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. 2012. Google Earth 6.2.2.6613. Fecha de la compilación 4/11/2012. Servidor kh.google.com. Google Inc. 2012. (Google 2012 – INEGI 2012).
- 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.
- MENDIETA, B. A., E. Spöndly, 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.
- OLSEN S., Cole C, Watanabe F, Dean L (1954) Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA circ. 939. USDA, Washington, DC.
- 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.
- 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, V. R., S. Pramod and K. S. 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.
- RAMÍREZ, L. R. G. 2007. Los pastos en la nutrición de ruminantes. Universidad Autónoma de Nuevo León. México. ISBN: 970-694-329-3. 217 p.
- 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.
- SAGARPA. 2007. Programa sectorial de desarrollo agropecuario y pesquero. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. ISBN: 978-968-800-730-3. 96 p.
- USDA (United States Department of Agriculture) 2011. Soil survey laboratory information manual. Soil survey investigations report No. 45 Ver. 2.0, Lincoln, Nebraska, 506 p. 

Este artículo es citado así:

Meza, Z., E. Olivares, E. Gutiérrez, H. Bernal, J. Aranda, R. Vázquez y R. Carranza. 2016. Crecimiento y producción de biomasa de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) bajo las condiciones climáticas del Noreste de México. *TECNOCIENCIA Chihuahua* 10(3):143-153.

Resumen curricular del autor y coautores

ZAHIDD MEZA CARRANCO. Terminó su licenciatura en 2000, año en que fue otorgado el título de Ingeniero Agrónomo por la Facultad de Agronomía de la UANL. Realizó su posgrado en la misma Facultad de Agronomía, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Producción Animal en el año de 2005. Es coautor de 36 ponencias en seminarios y congresos. De 2000-2012 laboró en ranchos particulares en las áreas: siembra-cosecha de forrajes, pie de cría y engorda de ganado bovino. Desde 2016 labora como docente en la Facultad de Agronomía de la UANL.

EMILIO OLIVARES SÁENZ. Terminó su licenciatura en 1971, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero por la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Realizó una maestría en estadística en el Colegio de Postgraduados en Chapingo, México, de 1974 a 1975. Posteriormente, obtuvo una maestría en fertilidad de suelos y un doctorado en nutrición vegetal en la Universidad Estatal de Nuevo México, E. U. Desde 1975 labora en la Facultad de Agronomía de la UANL. Fue miembro del Sistema Nacional de Investigadores del 2003 al 2011 con Nivel I. Su área de especialización es agricultura protegida, nutrición vegetal y estadística. Ha dirigido 17 tesis de maestría y 9 de doctorado. Es autor de 51 artículos científicos, más de 40 ponencias en congresos; ha impartido 46 conferencias por invitación y ha dirigido 10 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluador de proyectos de investigación Fundación Produce Nuevo León y del Programa de Docencia Universitaria.

ERASMO GUTIÉRREZ ORNELAS. Terminó su licenciatura en 1978, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista por la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Realizó su Maestría en Ciencias en Producción Animal en el Colegio de Postgraduados, Chapingo, México en 1981 y el Doctorado en 1989 en la Universidad de Nebraska, Departamento de Ciencia Animal con énfasis en Nutrición de Rumiantes y Forrajes. De 1978 a 2014 Maestro de Tiempo Completo Titular D. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores de 1991 a 1994 (Candidato) y de 2008 a 2011 (Nivel I). Su área de especialización es Nutrición Animal, relacionada con Sistemas de Alimentación de Rumiantes y Evaluación de Recursos Forrajeros. Ha dirigido aproximadamente 35 tesis de Licenciatura, Maestría y Doctorado. Es autor o coautor de más de 20 artículos científicos publicados en revistas nacionales e internacionales. Desde 1981 ha participado en congresos nacionales e internacionales con la presentación de resúmenes científicos, artículos técnicos y ponencias por invitación. Fue presidente de la Asociación Mexicana de Producción Animal de 1999 al 2000 así como miembro del "Board of Directors" de la American Society of Animal Science del 2002 al 2005. Ha sido Maestro Invitado por la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Tamaulipas de 1998 al 2005, presidente del Consorcio Técnico del Noreste de México A.C. de 2003 a 2017 y asesor de la Confederación Nacional de Organizaciones Ganaderas, Unión Ganadera Regional de Nuevo León desde 1997.

HUGO BERNAL BARRAGÁN. Terminó su licenciatura en 1983, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista por la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Realizó su posgrado en Alemania, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias (Dipl.-Ing.agr) en el área de Nutrición Animal en 1988 por la Universidad de Hohenheim y el grado de Doctorado (Dr. sc. agr.) en el área de Nutrición y Fisiología Animal en 1992 por la Universidad de Hohenheim (Alemania). Desde 1984 labora en la Facultad de Agronomía de la UANL y posee la categoría de Maestro de Tiempo Completo titular C. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1993 (candidato 1993-1995; Nivel 1 2012-2018). Su área de especialización es la nutrición animal, relacionada con crecimiento y reproducción animal. Ha dirigido 20 tesis de licenciatura, 21 de maestría y 4 de doctorado. Es autor de 38 artículos científicos, más de 40 ponencias en congresos, y 20 capítulos de libros científicos; además ha impartido 18 conferencias por invitación y ha dirigido 8 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluador de proyectos de investigación del CONACYT (Fondos institucionales, mixtos y sectoriales), es árbitro de dos revistas científicas de circulación internacional.

JUANA ARANDA RUIZ. Terminó su licenciatura en 1978, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero químico bromatólogo por la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su posgrado en Inglaterra, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Ciencia de la Carne en la Universidad de Nottingham y el grado de Doctor en Filosofía también en el área de alimentos cárnicos en 1990 por la Universidad de Bristol. Desde 1978 labora en la Facultad de Zootecnia de la UACH y posee la categoría de Académico titular C. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1992 (candidato 1992-1995; Nivel 1 1995-1999; 2006-2009). Su área de especialización es la bioquímica del músculo y la calidad de la carne fresca. Ha dirigido 1 tesis de licenciatura, 16 de maestría y 3 de doctorado. Es autora de 70 artículos científicos, más de 100 ponencias en congresos, 5 capítulos de libros científicos; además ha impartido 39 conferencias por invitación y ha dirigido 16 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluadora de proyectos de investigación del CONACYT (Fondos institucionales, mixtos y sectoriales) y Fundación Produce Chihuahua, es revisora del seguimiento de los Fondos sectoriales Sagarpa-Conacyt, es árbitro de tres revistas científicas de circulación internacional.

RIGOBERTO VÁZQUEZ. Terminó su licenciatura en 1971, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Agrónomo por la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Realizó su posgrado en México, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Ciencia en Suelos e Irrigación en 1973 por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, y el grado de Doctor en Filosofía, Área Mayor en Fisiología y Uso y Manejo del Agua en 1981 por la Universidad Estatal de Nuevo México, EE.UU. Desde 1981 labora en la Facultad de Agronomía de la UANL y posee la categoría de Titular B. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2013 (Nivel 1, 2013-2015 y 2016-2019). Su área de especialización es la Producción y Aprovechamiento de Nopal y Maguey, Uso y Manejo del Agua y Suelo, Uso y Manejo de Abonos Orgánico, así como la Relación agua suelo planta. Ha dirigido a 77 tesis como asesor principal y 75 como asesor colaborador. Tiene 60 conferencias dictadas en diferentes foros y localidades, 42 seminarios dictados en diferentes instituciones, 106 trabajos publicados en diferentes revistas en extenso, así como revistas arbitradas, indexadas y memorias de congresos. Tiene 35 participaciones en Demostraciones de Campo. Es evaluador de proyectos de investigación del CONACYT (Fondos institucionales, mixtos y sectoriales) y también revisor o árbitro de tres revistas de circulación nacional e internacional: *Agronomía Mesoamericana*, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, y *Terra*.

ROBERTO CARRANZA DE LA ROSA. Terminó su licenciatura en el año 1974, obteniendo el título de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista en el año de 1981, por la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Realizó estudios de posgrado en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi en la República de Colombia, donde obtuvo el Diplomado especialista en interpretación de imágenes de sensores remotos aplicados a levantamientos edafológicos. Continuó estudios de posgrado en la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", en Coahuila, Méx., desarrollando investigación en el área de Génesis de Suelo. Obtuvo el grado de doctor (Dr. Agr.) en 2009 por la Universidad Politécnica de Madrid España, realizando su investigación en el área de Tecnología Ambiental. Desde 1984 labora en la Facultad de Agronomía, UANL y posee la categoría de Maestro de Tiempo Completo, Titular A. Su área de especialización corresponde al levantamiento y conservación de suelos, relacionados con la protección y reducción de la pérdida de suelo. Ha dirigido 15 tesis de licenciatura, asesor en tres tesis de doctorado y actualmente dirige una tesis de maestría.