

## **Evaluación morfológica de seis grupos de moringa formados a partir de una población**

### **Morphological evaluation of six moringa groups formed from a population**

DOI: 10.34188/bjaerv5n2-046

Recebimento dos originais: 20/01/2022

Aceitação para publicação: 31/03/2022

#### **Edwin Javier Barrios-Gómez**

Doctor en Genética por el Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, Estado de México, México

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Zacatepec

Dirección: KM 0.5 Carretera Zacatepec – Galeana, Zacatepec de Hidalgo, estado de Morelos, CP 62780

Correo: barrios.edwin@inifap.gob.mx

#### **Sandra Eloísa Rangel-Estrada**

Doctora en Fisiología Vegetal por el Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, Estado de México, México

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Zacatepec

Dirección: KM 0.5 Carretera Zacatepec – Galeana, Zacatepec de Hidalgo, estado de Morelos, CP 62780

Correo: rangel.sandra@inifap.gob.mx

#### **Jaime Canul-Ku**

Doctor en Genética por el Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, Estado de México, México

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Zacatepec

Dirección: KM 0.5 Carretera Zacatepec – Galeana, Zacatepec de Hidalgo, Estado de Morelos, CP 62780

Correo: canul.jaime@inifap.gob.mx

#### **Marianguadalupe Hernández-Arenas**

Doctora en Fitopatología por el Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, Estado de México, México

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Zacatepec

Dirección: KM 0.5 Carretera Zacatepec – Galeana, Zacatepec de Hidalgo, estado de Morelos, CP 62780

Correo: hernandez.marian@inifap.gob.mx

**Eleodoro Hernández-Meneses**

Doctor en Fisiología Vegetal por el Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, Estado de México, México

Institución: Tecnológico Nacional de México Campus Región Sierra, Tabasco, México  
Dirección: Carretera Teapa-Tacotalpa Km. 4.5, Francisco Javier Mina, Teapa, Tabasco, CP 86801  
Correo: doromeneses@hotmail.com

**Enrique González-Pérez**

Doctor en Genética por el Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, Estado de México  
Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP),  
Campo Experimental Bajío

Dirección: Km. 6.5 Carretera Celaya - San Miguel, Celaya, estado de Guanajuato, México,  
CP 38110

Correo: gonzalez.enrique@inifap.gob.mx

**RESUMEN**

La moringa (*Moringa oleífera* Lam), tiene diversos usos, coagulante natural para el tratamiento de aguas turbias, aceite de las semillas para biocombustible, raíces, flores y frutos comestibles, como cercos vivos, hasta hojas y tallos para forraje. Se realizó el presente trabajo con el objetivo de identificar morfológicamente el potencial de producción de biomasa de seis grupos seleccionados (1M al 6M) de una población de moringa sembrada en Morelos, México y un testigo local de Jojutla, Morelos (GEN 7). La evaluación de los grupos se realizó en el Campo Experimental Zacatepec, INIFAP Morelos. Las variables que se midieron fueron: rendimiento total de biomasa aérea, rendimiento total de hoja, relación hoja/tallo, altura de planta, diámetro de tallo y número de brotes. El análisis estadístico para las variables evaluadas se realizó mediante bloques completos al azar, en donde los tratamientos fueron los grupos formados y las fechas de cosecha como los bloques. El mejor genotipo en producción de biomasa fue GEN 7, seguido por 2M; tiene características de planta color morado; sin embargo, significativamente igual con los materiales 6M, 5M, 1M y 4M. Por el contrario, la de peor comportamiento fue 3M, material de tallo color verde y de poca ramificación. En cuanto a rendimiento total de hojas, el mejor material fue GEN 7, seguido por 2M. En la relación hoja/tallo, el promedio general fue de 1.09. Estos grupos producen el mismo peso de biomasa en hojas y tallos. Los valores más altos para el mayor número de variables fue GEN 7, que la ayuda generar grandes cantidades de biomasa. La mejor producción de biomasa ocurre en época de lluvias, entre los meses de junio a septiembre.

**Palavras-chave:** *Moringa oleífera* Lam, biomasa y población.

**ABSTRACT**

*Moringa oleífera* Lam) has various uses, natural coagulant for the treatment of turbid water, seed oil for biofuel, roots, flowers and edible fruits, such as living fences, even leaves and stems for fodder. The present work was carried out with the objective of morphologically identifying the biomass production potential of six selected groups (1M to 6M) of a population of moringa planted in Morelos, Mexico; and a local control from Jojutla, Morelos (GEN 7). The evaluation of the groups was carried out in the Campo Experimental Zacatepec, INIFAP, Morelos. The measured variables were: total aerial biomass, total leaf biomass, leaf/stem ratio, plant height, stem diameter and number of shoots. Statistical analysis for the variables evaluated was performed using complete random blocks, where the treatments were the groups formed and the harvest dates as the blocks. The best genotype in biomass production was GEN 7, followed by 2M; it has purple plant characteristics; however, significantly the same with 6M, 5M, 1M and 4M materials. On the contrary, the one with the worst performance was 3M, green stem material and little branching. In terms of total leaf biomass, the best material was GEN 7, followed by 2M. In the leaf/stem ratio, the

general average was 1.09. These groups produce the same weight of biomass in leaves and stems. The highest values for the largest number of variables was GEN 7, which help generate large amounts of biomass. The best biomass production occurs in the rainy season, between the months of June to September.

**Keywords:** *Moringa oleifera* Lam, biomass and population.

## 1 INTRODUCCIÓN

La moringa (*Moringa oleifera* Lam), es una planta muy apreciada por tener diversos usos, desde coagulante natural para el tratamiento de aguas turbias (Foidl *et al.*, 1999), aceite de las semillas para biocombustible (Garavito, 2008), raíces, flores y frutos comestibles, como cercos vivos (Bosh, 2009), hojas y tallos para forraje (Pérez *et al.*, 2010; Garavito, 2008; Anwar y Bhangar, 2003). Su valor nutricional y los elevados rendimientos de biomasa, la convierten en un recurso fitogenético de importancia en los sistemas de producción, el cual puede ser consumido por diversas especies de animales (Pérez *et al.*, 2010). Además, de su uso medicinal y como forraje, la moringa puede ser una especie bioenergética.

No se dispone de información precisa de la introducción de esta planta en México. Se encuentra distribuida en toda la costa del Pacífico, desde el Sur de Sonora hasta Chiapas, así también en las llanuras del sur del Istmo de Tehuantepec, hasta la depresión tropical del Balsas y en la depresión central de Chiapas (Olson y Fahey, 2011). Con referencia a la semilla se menciona que carecen de periodo de latencia, por lo que pueden plantarse en cuanto estén maduras, y conservan la capacidad germinativa hasta por un año (Pérez, 2010).

Diferentes trabajos se han realizado en otras latitudes y en México, referente al potencial que esta planta tiene para ser usada como alimento animal, en este sentido la producción como forraje bajo diferentes condiciones edafoclimáticas adquiere mayor importancia. En Nicaragua fue estudiado el efecto de densidades de plantas (100,000 y 167,000 plantas por ha) y niveles de fertilización nitrogenada (0, 261, 521 y 782 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), sobre la producción de biomasa y composición química de moringa en dos años con 8 cortes por año, se determinó que la mejor densidad fue de 167 mil plantas por ha produciendo significativamente mayor materia seca, y fue debido a la fertilización nitrogenada; además, los tres factores externos que afectaron las variables del experimento son: el contenido de nitrógeno en el suelo, el temporal o periodo de lluvias 45 % más alto en el primer año, y la planta misma que recién establecida solo desarrolló un tallo, el cual fue delgado. El promedio de altura independientemente de la densidad de planta (100,000 y 167,000 plantas por ha) fue de 119 cm en promedio (Reyes *et al.*, 2006).

Foidl *et al.* (2001) indican que la moringa posee gran velocidad y capacidad de rebrote, y que el primer corte se debe realizar a los cinco o seis meses después de la siembra. Los cortes

posteriores, se sugiere efectuarlos cada 45 días, en la época de lluvia, y cada 60 días en la época seca, a altura de 20 cm del suelo. Sin embargo, Santiesteban *et al.* (2012), en trabajos realizados en Cuba, sobre suelo aluvial del Valle del Cauto, cuando analizaron la altura de corte (10, 20, 30 y 40 cm) y frecuencia de corte (45 y 60 días) en la producción de biomasa para consumo animal, encontraron tendencia al incremento de los valores con respecto al aumento de la altura y la frecuencia de corte.

Jarquín *et al.* (2003) reportaron alto rendimiento de biomasa fresca total comestible (hojas, pecíolos, brotes y tallos con diámetro inferior a los 5 mm) de 68 toneladas por ha por año, equivalentes a 15 toneladas de materia seca por ha por año. La moringa tiene alta tasa de crecimiento y capacidad para producir grandes cantidades de materia fresca por metro cuadrado, con altas densidades de siembra, y la edad más adecuada para la cosecha fue entre los 45 y 60 días (Reyes, 2004). Otros investigadores (Foidl *et al.*, 1999) reportan valores superiores de biomasa verde de 196 a 297 toneladas por ha y por año, con 8 cortes anuales. Pruebas a diferentes frecuencias de corte en moringa han sido hechos, siendo el más apropiado en los intervalos de 45 días, cuando el destino de la biomasa es para uso animal (Calub, 1993; Foidl *et al.*, 2001; Reyes-Sánchez *et al.*, 2006). Moreno y Narváez (2005), en un estudio realizado en Nicaragua en dos podas bajo condiciones de clima tropical, reportan rendimientos de forraje de 1,265 y 2,327 kg MS ha<sup>-1</sup>. El efecto de la densidad de planta sobre el rendimiento en materia seca ha sido estudiado, Foidl *et al.* (2001) reportan incrementos de material seca de 5 a 44 toneladas por ha a 350,000 y 16,000,000 plantas por ha, respectivamente. Aunque, debido a la elevada mortalidad a muy altas densidades, estos autores recomiendan a 1,000,000 de plantas por ha, como el óptimo.

Reyes-Sánchez *et al.* (2006) encontraron un promedio de rendimiento de materia seca de 18 toneladas ha<sup>-1</sup> durante el primer año de un experimento con diferencias no significativas entre tres diferentes densidades de población 250,000; 500,000; y 750,000 plantas ha<sup>-1</sup>; aunque mencionan que altas densidades están correlacionadas positivamente con rendimiento alto de materia seca, no obstante el arreglo espacial o topográfico en campo, las labores necesarias en campo y la dificultad durante la cosecha a altas densidades, lo hacen impráctica para pequeñas y medianas escalas de producción.

Por tal motivo, se realizó el presente trabajo con el objetivo de identificar el potencial de producción de biomasa de seis grupos formados a partir de la selección de individuos en una población de moringa sembrada en Morelos, México.

## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar de colecta

La parcela se encuentra en el municipio de Miacatlán, Morelos. Se contó con la participación de un productor cooperante, Ing. Albino Franco Escobar. Miacatlán se ubica al oeste del estado de Morelos, a 1054 m de altitud con 18° 47' 52.56" N y 99° 23' 13.07" O (García, 1981).

### Estratificación del lote

La parcela con aproximadamente 1200 árboles se dividió en cuatro sublotes o cuadrantes denominados A, B, C, D. Se realizó la estratificación de la parcela, de tal forma que estas no fueran más de cuatro, de acuerdo a la superficie y condiciones del terreno. Esto permitió identificar árboles o grupos de árboles que, aunque estén en diferente condición de suelo o humedad, tengan las mismas ventajas comparativas de ser seleccionados o evaluados.

En los estratos formados se muestrearon 114 árboles, aproximadamente un 10 % de la población, 40, 36, 26 y 12 árboles en los cuadrantes A, B, C y D, respectivamente. Lo anterior fue debido a que por condiciones de pendiente y orografía de la parcela se observaron mejores árboles en tres de los cuatro cuadrantes. De esta muestra poblacional se formaron seis grupos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Grupos formados a partir de una población de Moringa. Miacatlán, Morelos. 2016.

Grupos	Arboles muestreados	Características	Peso (gr)
Moli-Mor-1- M1	12	Ramificación pobre- mediano, Morado	1855
Moli-Mor-1- M2	17	Ramificación alta- excelente, Morado	2862
Moli-Mor-1- M3	26	Ramificación pobre- mediano, Verde	4340
Moli-Mor-1- M4	32	Ramificación alta- excelente, Verde	5048
Moli-Mor-1- M5	12	Ramificación pobre- mediano, Medio morado	1389
Moli-Mor-1- M6	14	Ramificación alta, Medio morado	1541

La evaluación de los grupos se realizó en el Campo Experimental Zacatepec, Morelos, con coordenadas 10°39'23" N, 99°11'54.95" O, y 911 msnm. Presenta un clima de tipo subtropical húmedo, con temperatura media anual de 22 °C. Los meses más cálidos son de marzo a junio alcanzando hasta 39 °C y los más fríos son diciembre y enero disminuyendo hasta los 6.5 °C. El periodo de lluvias comienza en junio y termina en octubre (García, 1981).

La siembra se realizó el día 13 de julio del 2016 en el Campo Experimental Zacatepec, bajo condiciones de riego-temporal. El diseño fue bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. Se sembró una semilla por golpe, con una profundidad de entre 3 a 5 cm. La parcela de cada grupo fue de un metro de ancho por cinco metros de largo, con distancia entre plantas de 25 cm, por lo que la densidad final fue de 250,000 plantas ha<sup>-1</sup>. La fertilización fue de forma manual

utilizando la fórmula 100-40-40, esto se hizo una semana después de cada corte o cosecha. Las fuentes principales utilizadas fueron Sulfato de amonio® y Triple 17®.

### Datos meteorológicos

Los datos meteorológicos para este experimento fueron tomados en la estación del Campo Experimental Zacatepec.

### Variables medidas

Rendimiento total de biomasa aérea (Tallos + Hojas, RT t ha<sup>-1</sup>), la primera cosecha fue 75 días después del establecimiento; posteriormente, las siguientes cosechas fueron realizadas entre los 45 y 50 días después de cada cosecha. Para esto en la parcela de cinco m<sup>2</sup> se separaron las hojas y tallos, y se pesaron por separado. Posteriormente, el peso de la biomasa en fresco se transformó a toneladas por ha. La decisión del punto de cosecha se basó en conocimiento empírico y en la observación, como fue el amarillamiento prematuro de hojas basales y el cambio de color de la base de los tallos de un color verde claro a un color grisáceo. En este caso las fechas de corte fueron octubre de 2016 (Oc-16), enero de 2017 (Ene-17), abril de 2017 (Ab-17), mayo de 2017 (Ma-17), junio de 2017 (Ju-17), septiembre de 2017 (Se-17), noviembre de 2017 (No-17), febrero de 2018 (Fe-18) y abril de 2018 (Ab-18).

Rendimiento total de hojas (Rhoja, t ha<sup>-1</sup>), esta se tomó de los cinco m<sup>2</sup> muestreados en cada parcela y repetición, en promedio, de lo separado de tallos y hojas, posteriormente se transformó a toneladas por ha.

Relación Hoja/Tallo (RTH), con lo cosechado por separado de tallos y hojas en cinco m<sup>2</sup> se realizó la operación aritmética dividiendo el peso total de hojas entre el peso total de tallos.

Altura de planta (AP, cm), con una regla se midió desde la base del suelo hasta el punto apical del brote más alto, 10 plantas por material y en las cuatro repeticiones.

Diámetro de planta (Dtallo, mm), con un vernier digital se midió el diámetro del tronco de 10 plantas por material y en las cuatro repeticiones.

Número de brotes (Nbrotos), se contó el número de brotes de 10 plantas de cada material y en las cuatro repeticiones en cada fecha de corte.

Prueba de vigor (Vr): se muestrearon 10 plantas tomadas al azar en cuatro repeticiones, se midió la altura de la base del suelo al ápice de tallo o planta, con una regla graduada en centímetros. La primera medición fue a los 15 días después de su emergencia, y posteriormente cada 20 días. Las mediciones realizadas fueron seis en total.

### Análisis estadístico

Los datos registrados en los cortes fueron diferentes números. En rendimiento total de biomasa aérea, rendimiento total de hoja, relación hoja/tallo se realizaron nueve tomas de datos en total. En altura de planta, diámetro de tallos y número de brotes fueron ocho tomas de datos. El análisis estadístico para las variables evaluadas se realizó mediante bloques completos al azar, en donde los tratamientos fueron los grupos formados de la parcela de Miacatlán y las fechas de cosecha como los bloques. Además, se hizo una prueba de comparación de medias mediante Tukey, el paquete estadístico utilizado fue el SAS (SAS Institute, 2001).

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico mostró diferencias altamente significativas para todas las variables evaluadas para tratamientos y para bloques. En el caso de tratamientos solamente no presentaron diferencias significativas RTH y Dtallo (Cuadro 2). Por lo que, en cuanto a materiales evaluados y fechas de corte, el análisis estadístico indicó que al menos un material y una fecha de corte es diferente que los demás.

Cuadro 2. Análisis estadístico en bloques completos al azar de variables evaluadas en moringa, con siete grupos de materiales, en diferentes fechas de corte. C. E. Zacatepec, Morelos.

Variabes	Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrado Medio
RT (t ha <sup>-1</sup> )	Tra	6	77.83**
	Blo	8	753.92**
Rhoja (t ha <sup>-1</sup> )	Tra	6	17.55**
	Blo	8	206.84**
RHT	Tra	6	0.03 <sup>NS</sup>
	Blo	8	0.16**
AP (cm)	Tra	6	131.01**
	Blo	7	3167.97**
Dtallo (mm)	Tra	6	2.4 <sup>NS</sup>
	Blo	7	135.8**
Nbrotos	Tra	6	0.26**
	Blo	6	7.86**

RT= Rendimiento total de biomasa aérea; Rhoja= Rendimiento total de hoja; RTH= Relación hoja/tallo; AP= Altura de planta; Dtallo= Diámetro de tallo; Nbrotos= Número de brotes; \*\*Diferencia altamente significativa con prueba de Tukey; NS= Diferencia no significativa con prueba de Tukey.

Al ser la explotación del follaje uno de los objetivos primordiales de esta especie, las variables que mayor peso se consideraron fueron la ramificación de la planta, el vigor de la misma y el peso de semilla. Lo anterior debido a que en muchas especies que se usan para forrajes las cantidades de tallos producidos y rápido crecimiento es vital para su mejor y mayor explotación.

Aunado a esto, también la persistencia que pueda tener la planta a través del tiempo. Se ha demostrado que las semillas de trigo, cebada y avena con embrión grande producen plántulas vigorosas con raíces y hojas grandes que pueden dar ventaja al inicio de la estación de crecimiento en cereales de grano pequeño (López-Castañeda *et al.*, 1996) y en maíz (Martinelli y Moreira de Carvalho, 1999). Investigaciones sobre este particular han sugerido la utilización de la biomasa de 100 semillas como criterio de selección para identificar germoplasma con mayor vigor inicial (Kuruvadi *et al.*, 1988) y se ha encontrado correlación negativa entre el tamaño de semilla y el rendimiento (White y González, 1990; White *et al.*, 1992; Sexton *et al.*, 1994). En maíz se ha asociado positivamente el tamaño grande de semilla con mayor crecimiento inicial de la plántula (Derieux *et al.*, 1989; Bockstaller y Girardin, 1994).

### Datos meteorológicos

La precipitación acumulada durante el experimento fue para el 2016 de 394.9 mm (junio a diciembre), para el 2017 de 420.8 mm (enero a diciembre) y para el 2018 de 4.3 mm (enero a abril). La temperatura media más bajas se observó en los meses de diciembre y enero de 2017 y 2018, alrededor de 20 °C; mientras que, las más altas fueron en los meses de abril y mayo de 2017 y 2018, con temperaturas entre 26 y 28 °C. Con respecto a los meses más lluviosos en el temporal 2016 fueron los meses de julio, agosto y septiembre; para el temporal 2018 fueron los meses de junio, julio, agosto y septiembre. Cabe mencionar que para 2016 el mes más lluvioso fue septiembre y para 2017 fue agosto. La velocidad de crecimiento del cultivo de *M. oleifera*, es afectada por la temperatura ambiental y la altura de planta. 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) indican que el desarrollo de *M. oleifera* está más relacionado con la humedad disponible para la planta y en menor grado con la temperatura ambiental.

### Rendimiento total de biomasa aérea

Para rendimiento total de biomasa aérea (Tallos + Hojas, RT t ha<sup>-1</sup>), el promedio general fue de 24.84 t ha<sup>-1</sup>. En Elota, Sinaloa, cultivando moringa para forraje, con una altura de planta en promedio de 80 cm, con riego por aspersión, en cinco cosechas efectuadas (del 11 de octubre de 2008 al 24 de mayo de 2009) se obtuvo un rendimiento de 180 toneladas (36 toneladas por corte) de materia fresca de moringa por ha; en otra parcela sin aplicar riegos se obtuvo una producción de forraje de 80 toneladas por ha (divididas en dos cosechas) (Pérez *et al.*, 2010). Por otro lado, Meza-Carranco *et al.*, 2016, encontraron en Nuevo León que 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<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup> con un promedio de 32.5 t ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Lo anterior, indica que el rendimiento encontrado en Sinaloa y Nuevo León, están en promedio por arriba de los encontrados en Morelos; sin embargo, al hacer la suma de los cortes entre Ab-17 y Ab-18 (siete cortes) suman 199.58 t ha<sup>-1</sup>, estas son 20 toneladas por arriba de lo encontrado en Sinaloa y son cortes de planta adulta con rebrotes. También, 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<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (247 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), 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<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (123.5 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), atribuyendo la disminución en la producción de forraje a una menor precipitación pluvial durante el segundo año.

En cuanto a los materiales, el que mejor resultó fue el testigo local GEN 7, ya adaptado a esta zona; el segundo mejor material fue el 2M el cual tiene características de planta color morado; sin embargo, significativamente igual con los materiales 6M, 5M, 1M y 4M; el material con el peor comportamiento fue el 3M, catalogado como material de tallo color verde y de poca ramificación.

En todas las fechas se aplicó riego al experimento, por lo que los rendimientos bajos pueden deberse a las bajas temperaturas, a excepción de los primeros que fue por el establecimiento del cultivo. Se ha establecido que la satisfacción de la demanda diaria de agua del cultivo moringa induce una mayor producción de materia seca (MS), debido a que existe una relación lineal entre la producción de biomasa y la utilización del agua (Shafer *et al.*, 1988). En cuanto a la mejor fecha de corte esta coincidió con la temporada de lluvia y temperaturas altas; sin embargo, no se tuvo un determinado número de días fijos a cosecha, como se mencionó en la metodología, se basó más en la observación, esto es de gran controversia entre los diferentes trabajos que se han realizado y depende del tipo de cultivo o régimen de humedad (riego o temporal), relacionado a lo anterior Patel *et al.* (2014) encontraron 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. Por ejemplo, Ramos-Trejo *et al.* (2015) en la evaluación de *M. oleifera* en la península de Yucatán encontraron que el mejor rendimiento se obtuvo cuando los cortes se realizaron cada 60 días (1.9119 t MS ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup>); 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<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, cosechando el forraje en periodos de 45, 60 y 75 días, respectivamente, el último, de 75 días, fue en el que mayor rendimiento obtuvieron; Meza-Carranco *et al.* (2016) reportaron producción de biomasa fresca total en 2013 de 33.1, 38.9 y 25.6 t ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup>, los días transcurridos al corte fueron 62, 49 y 56, respectivamente, siendo el mejor a los 49 días. Lo anterior, demuestra que la frecuencia con la que se corta el forraje de moringa es un factor que afecta el comportamiento de la planta, reflejando variación en la producción de biomasa fresca por un lado y posiblemente su calidad como forraje.

Las mejores fechas de corte fueron junio y septiembre, por el contrario, las peores resultaron en la temporada de secas en octubre, enero, abril; cabe mencionar que, aunque fueron los más bajos rendimientos, estos se les atribuyen a que octubre fue la primera cosecha después del establecimiento en la cual solo contaban con el tallo principal, en enero el periodo de baja temperatura afectó el crecimiento, y abril 17, comparado con abril 18, este último ya como planta adulta bien establecida. En referencia a los bajos rendimientos en el primer corte coincide, a lo realizado en un trabajo en Nuevo León, encontrando que el mayor número de días al corte se presentó en el primer periodo, debido a que las plantas cosechadas procedían de plántulas trasplantadas (Meza-Carranco *et al.*, 2016).

### **Rendimiento total de hojas (Rhoja t ha<sup>-1</sup>)**

En cuanto a rendimiento total de hojas (Rhoja), el promedio general fue de 12.9 t ha<sup>-1</sup>, siendo el mejor material GEN 7 testigo regional con 15.6 t ha<sup>-1</sup>, ya adaptado a esta zona, el material 2M resultó segundo con 13.68 t ha<sup>-1</sup>, se caracteriza como planta de color morado; por el contrario, el material con el peor comportamiento fue el 3M, catalogado como material de tallo color verde y de poca ramificación. En relación a las fechas de corte el mejor rendimiento fue en sep-17, seguida por ju-17 y ab-18, en estos cortes coincidió la temporada de lluvia y temperaturas idóneas para el mejor desarrollo foliar. Meza-Carranco *et al.* (2016) en experimentos realizados encontraron que, 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).

### **Relación Hoja/Tallo (RHT)**

En cuanto a la relación hoja/tallo, el promedio general fue de 1.09, lo que significa que en general estos grupos producen la misma cantidad de hojas y tallos. El que no tuvieran diferencias significativas, indica que todas fueron iguales; sin embargo, solamente 6M y GEN 7 fueron los únicos grupos de materiales que estuvieron por debajo de la media. En cuanto a la fecha de medición, la que tuvo mejor comportamiento fue en may-17 y Oc-16, por el contrario, la fecha con la más baja RHT fue la de ene-17. Estos resultados son coincidentes con la idea general, pero no concluyente, de que, a mayor intervalo de corte, se incrementa el contenido de MS (Reyes-Sánchez *et al.*, 2006); esta aseveración del autor es debido a que el rendimiento sea mayor debido a la gran cantidad de tallos lignificados que pudieran tener, como se observa en el presente trabajo (relaciones de hoja/tallo de 1 o >1), por lo que posiblemente la calidad del forraje sea menor en cuanto a la relación proteína-fibra. Esto se puede observar en lo encontrado por Mendieta *et al.* (2013) que la hoja tiene

mayor contenido de proteína que el tallo. Otros autores, Meza-Carranco *et al.* (2016), calculan una relación inversa a la realizada en el presente trabajo, esta es la relación tallo:hoja encuentran valores de 1.6:1.0 y 1.7:1.0 gramos de biomasa seca para las densidades de 11 y 33 plantas  $m^{-2}$  en el primer año; mientras que, en el segundo año registran una relación de 1.8:1.0 y 1.9:1.0 gramos de biomasa seca en las densidades de 11 y 33 plantas  $m^{-2}$ , lo anterior significa que en sus diferente evaluaciones, posiblemente por el tiempo transcurrido a la cosecha y por las densidades, las plantas tiraron grandes cantidades de hoja y produjeron mayor peso en el tallo que el que pudo retener con las hojas.

### **Altura de planta (AP, cm), diámetro de tallo (Dtallo, mm) y número de brotes (Nbrotos)**

El promedio general para las variables de altura de planta, diámetro de tallo y número de brotes en general fue 86.1 cm, 17.5 mm y 4.7 brotes, respectivamente. GEN 7 obtuvo los valores más altos para las variables AP, Dtallo y Nbrotos. Esto no significa que fuera el mejor material. En el caso de AP los materiales 2M, 4M, 5M y 6M, fueron estadísticamente iguales que el GEN 7, y en cuanto a Nbrotos el 3M, 4M y 5M fueron igual estadísticamente a GEN 7. En relación a Dtallo solamente 3M, 2M y 4M estuvieron con valores de la media hacia arriba, pero todos los materiales estadísticamente iguales (Cuadro 3).

En la evaluación de *Moringa oleifera* en el oriente de Yucatán se encontró que el mejor rendimiento, se obtiene cuando los cortes en las plantas se realizan cada 60 días a una altura de 40 cm ( $1.9119 \text{ t MS ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$ ); sin embargo, se recomiendan más estudios agronómicos sobre: densidad de plantación, el arreglo, las asociaciones con otras especies arbustivas de la región, períodos en lluvia y seca, para así tener una opción más viable y rentable de la productividad forrajera de esta planta (Ramos-Trejo *et al.*, 2015).

Los resultados para AP en las diferentes fechas de cosecha, muestran que Ju-17 fue la que mostró el valor más grande, seguida por Nov-17; por el contrario, Ene-17 fue la que menor altura obtuvo. Así también, para Dtallo el mayor valor fue en Ju-17, No-17 y Fe-18, y la fecha con menor valor de Dtallo fue en Ma-17. Para el caso de Nbrotos este dato se tomó hasta después del primer corte (Ene-17), siendo Sep-17 y Ju-17 la de valores más altos y por el contrario Ene-17 con el valor más bajo, esto pudo haber sido debido a que fue la primera toma de datos, después de la primera poda (Cuadro 3).

Cuadro 3. Siete grupos de materiales y fechas de corte en moringa evaluadas en C. E. Zacatepec, Morelos.

Grupos	RT (t ha <sup>-1</sup> )	Rhoja (t ha <sup>-1</sup> )	RHT	AP (cm)	Dtallo (mm)	Nbrotes
Moli-Mor-1-1M	23.76 bc*	12.43 bc	1.11 a	80.5 b*	17.0 a	4.6 b
Moli-Mor-1-2M	25.99 b	13.68 b	1.11 a	88.2 ab	17.6 a	4.6 b
Moli-Mor-1-3M	21.36 c	11.20 c	1.12 a	83.4 b	18.1 a	4.7 ab
Moli-Mor-1-4M	23.45 bc	12.22 bc	1.10 a	84.2 ab	17.5 a	4.8 ab
Moli-Mor-1-5M	23.95 bc	12.55 bc	1.10 a	86.4 ab	17.4 a	4.5 ab
Moli-Mor-1-6M	24.67 bc	12.62 bc	1.06 a	86.9 ab	16.8 a	4.4 b
Gen 7	30.72 a	15.60 a	1.01 a	93.2 a	18.4 a	5.0 a
DMS	3.5	1.74	0.11	9.5	2.9	0.4
Promedio	24.84	12.9	1.09	86.1	17.5	4.7
CV (%)	9.7	9.3	7.13	7.14	10.7	5.4
R <sup>2</sup>	0.96	0.96	0.83	0.94	0.87	1.0
Fechas de corte						
Oc-16	13.69 d	7.49 e	1.22 b	81.5 cd	13.8 c	
Ene-17	10.31 f	4.82 f	0.91 e	74.2 d	15.1 bc	3.1 d
Ab-17	13.63 d	6.65 ef	0.97 de	92.3 b	17.1 b	4.0 c
Ma-17	25.56 c	14.79 c	1.40 a	81.6 cd	10.3 d	4.9 b
Ju-17	37.37 a	18.27 ab	0.96 de	123.3 a	21.9 a	5.9 a
Se-17	37.95 a	19.81 a	1.09 bcd	89.8 bc	17.5 b	6.1 a
No-17	27.35 c	14.37 d	1.11 cb	97.7 b	22.6 a	4.3 c
Fe-18	24.83 c	12.49 d	1.01 cde	48.5 e	21.9 a	4.4 c
Ab-18	32.89 b	17.4 b	1.13 bc	10.5	3.2	0.4
DMS	4.18	2.08	0.14	81.5 cd	13.8 c	3.1 d

\*Números con letras iguales en el sentido de la columna son estadísticamente iguales. RT= Rendimiento total de biomasa aérea; Rhoja= Rendimiento total de hoja; RHT= Relación Hoja/Tallo; DMS=Diferencia mínima significativa; CV (%)= Coeficiente de variación. R<sup>2</sup>= Coeficiente de determinación.

### Correlaciones entre variables medidas

Al realizar la correlación entre variables medidas (datos no mostrados), los resultados muestran correlaciones positivas y altamente significativas entre RT con Rhoja y AP; por otro lado, significativa, pero negativa entre RT con RTH. Las correlaciones positivas en el caso de RT significan que el mayor rendimiento total de biomasa, es debido a un mayor rendimiento total de hoja y mayor altura de planta, pero en consecuencia también se debe a una menor relación de Hoja/Tallo. En un experimento realizado en Nuevo León, México en el que evaluaron el crecimiento y la producción de biomasa en dos niveles de fertilización (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, 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), durante los años 2013 y 2014 bajo condiciones de riego por goteo, encontraron que la altura de planta registró relación positiva con la producción de biomasa (Meza-Carranco *et al.*, 2016), resultados similares a lo encontrado en el presente trabajo.

Otras correlaciones importantes negativas y significativas es la de RTH con AP, esto sugiere que una mayor relación tallo/hoja es debido a una menor altura de planta. Además, el Dtallo y Nbrotos, tuvieron una correlación positiva y significativa, esto indica que a mayor diámetro de tallo o tronco mayor número de brotes, lo cual puede deberse a que al tener un mayor crecimiento el tronco o tallo después de varias podas, tenga mayor vigor y la capacidad para emitir un mayor número de brotes. Positivas relaciones entre la densidad de planta y rendimiento de biomasa en árboles tropicales leguminosos como *Calliandra calothyrsus*, *Sesbania grandiflora*, *Leucaena leucocephala* y *Gliricidia sepium* han sido reportados (Ella *et al.*, 1989). Las plantas tienden a volverse más delgadas en condiciones secas en comparación con las húmedas, donde las plantas no solo crecen, sino que también se vuelven más gruesas (Mommer *et al.*, 2006).

#### 4 CONCLUSIONES

El mejor material en producción de biomasa fue GEN 7 con 30 toneladas por ha de biomasa aérea total en fresco, seguido por el 2M con 25.99 toneladas. En cuanto a rendimiento total de hojas GEN 7 testigo regional mostró el mismo comportamiento, seguido por 2M. Las mejores fechas con mayor rendimiento de biomasa aérea total en fresco fueron en los meses de junio a septiembre con rendimiento de 37 toneladas por ha. En cuanto a la relación hoja/tallo, en general estos grupos producen la misma cantidad de hoja y tallos. Para las variables AP, Dtallo y Nbrotos GEN 7 obtuvo los valores más altos.

En la evaluación de vigor en campo en las seis fechas evaluadas no hubo diferencias entre los grupos formados de la población de Miacatlán. La planta emite gran cantidad de brotes, que se traduce en la producción de grandes cantidades de biomasa.

## REFERENCIAS

- Anwar, F. and Bhanger, M. 2003. Analytical characterization of Moringa oleifera seed oil grown in temperate regions of Pakistan. *J Ag Food Chem* 51:6558–6563.
- Bockstaller, C. and Girardin, P. 1994. Effects of seed size on maize growth from emergence to silking. *Maydica*. 39: 213-218.
- Bosch, H. 2009. Útil aporte para elevar uso de postes vivos en la ganadería. *Periódico Granma*. La Habana. Año 13, No. 175
- Calub, B. 1993. Evaluation of indigenous and naturalized multipurpose trees as alternative to *Leucaena leucocephala* in hillyland farming, seminar-workshop towards more effective utilization of resources for sustained development, Makati, Metro Manila, Philippines, *Philippine Techn J*.
- Derieux, M.; Boardu, R.; Durburq, J. B. and Boizard, H. 1989. La crise de croissance de la plantule de maïs á basse temperatura. *Agronomie*. 9:207-212.
- Ella, A.; Jacobsen, C.; Stür, W. and Blair, G. 1989. Effect of plant density and cutting frequency on the productivity of four tree legumes. *Trop Grassland* 23:28–34
- Ferreira, P. da C.; Rabello, P. S. de O.; Borsol, A.; Soares, E. de V.; Egídio, L. T.; Tlago, J. P. and Mansano, M. V. S. 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.
- Foidl, N; Mayorga, L. y Vasquez, W. 1999. Utilización del marango (*Moringa oleifera*) como forraje fresco para ganado. En: *Agroforestería para la alimentación animal en Latinoamérica*. (Eds. M.D. Sánchez y M. Rosales). Estudio FAO: Producción y Sanidad Animal No. 143, p. 341.
- Foidl, N., Mayorga, L. & Vásquez, W. 2001. The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and industrial uses. *Proc. 1st what development potential for Moringa products? Dar Es Salaam, Tanzania*. p. 45
- Garavito, U. 2008. *Moringa oleifera*, alimento ecológico para ganado vacuno, porcino, equino, aves y peces, para alimentación humana, también para producción de etanol y biodiesel. *Corporación Ecológica Agroganadera SA*. Colombia.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, Instituto de Geografía-UNAM, México.
- Jarquín, S.J; Jarquín, C.M. y Reyes, N. 2003. Producción de biomasa de *Moringa oleífera*, bajo diferentes densidades de siembra y frecuencias de corte en el trópico seco de Nicaragua. Tesis. Ing. Agron. Facultad de Ciencia Animal. Universidad Nacional Agraria. Nicaragua. 59 p.
- Kuruvadi, S.; Hernández, F. F. y Galván, C. F. 1988. Diferencias varietales para características de plántula de frijol en dos medios de siembra. *Rev. Fitotec. Mex.* 11:133-141.
- López-Castañeda, C.; Richards, R. A.; Farquhar, G. D. and Williamson, R. E. 1996. Seed and seedling characteristics contributing to variation in early vigor among temperate cereals. *Crop Sci.* 36:1257-1266.
- Martinelli, A. and Moreira de Carvalho, N. 1999. Seed size and genotype on maize (*Zea mays* L.) yield under different technology levels. *Seed Sci. Technol.* 27:999-1006.

Mendieta, B. A.; Spörndly E.; Reyes N. S.; Salmerón F. M. and Halling M. 2013. Biomass production and chemical composition of *Moringa oleifera* under different planting densities and levels of nitrogen fertilization. *Agroforest Syst.* 87:81-92.

Meza-Carranco, Z.; Olivares-Sáenz, E.; Gutiérrez-Ornelas, E.; Bernal-Barragán, H.; Aranda-Ruiz, J.; Vázquez-Alvarado, R. E. y Carranza-de la Rosa, R. 2016. Crecimiento y producción de biomasa de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) bajo las condiciones climáticas del Noreste de México. *Tecnociencia: Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable.* Vol. X: 3 (143-153).

Mommer, L.; Lenssen, J.; Huber, H.; Visser, E. and De Kroon, H. 2006. Ecophysiological determinants of plant performance under flooding: a comparative study among seven plant families. *J Ecol* 94:1117–1129

Moreno, J.C. y Narvaez, O.J. 2005. Evaluación de la producción de forraje de *Moringa oleifera* (Lam), *Cnidioscolus aconitifolium* (Mill) L.M. Johnst y *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit, para banco proteico en Pacora, San Francisco Libre. Trabajo de grado. Ciencias Forestales, Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. 52 p.

Olson, M. E. y Fahey, J. W. 2011. *Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. *Revista Mexicana de Biodiversidad.* 82:1071-1082.

Paliwal, R.; Sharma V. 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.; Pramod, S. and Rao, K. S. 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.

Pérez, A.R. 2010. Validación de moringa como forraje para ovinos. *Desplegable Técnico.* Universidad Autónoma de Sinaloa y Fundación Produce Sinaloa A. C.

Pérez, A.; Sánchez, T.; Armengol N. y Reyes, F. 2010. Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. *Pastos y Forrajes*, 33 (4), 33-40.

Ramos-Trejo, O.; Castillo-Huchín, J. and Sandoval-Gío, J.J. 2015. Effect of cutting intervals and heights in forage productivity of *Moringa oleifera*. *Revista Bio Ciencias* 3(3): 187-194. <http://editorial.uan.edu.mx/BIOCIENCIAS/article/view/199/183>

Reyes-Sánchez, N.; Ledin, S., and Ledin, I. 2006. Biomass production and chemical composition of *Moringa oleifera* under different management regimes in Nicaragua. *Agrofor Syst* 66:231–242

Reyes, N. 2004. Marango: cultivo y utilización en la alimentación animal. Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. Serie técnica No. 5, 24 p.

Santiesteban, R.; Tamayo, E.; Verdecia, P.; Estrada, J.; Diéguez, J.; Molinet, D.; Espinosa, S.; Espinosa, A. and Cordovi, C. 2012. Influencia de la altura y la frecuencia de corte en el rendimiento de *Moringa oleifera*. I Taller Nacional de Moringa. Instituto de Ciencia Animal, Cuba, Consultado: [8/12/2018]

SAS Institute. 2001. *SAS/STAT User's Guide.* (Release 9.1). Cary, NC, USA. SAS Inst. Inc.

Sexton, P. J.; White, W. J. and Boote, J. K. 1994. Yield-determining processes in relation to cultivar seed size of common bean. *Crop Sci.* 34:84-91.

Sheafer, C. C.; Tanner, C. B. y Kirkhan, M. B. 1988. Alfalfa water relations and irrigation. *Agronomy* 29:373-409.

White, J. W. and Gonzales, A. 1990. Characterization of the negative association between seed yield and seed size among genotypes of common bean. *Field Crops Res.* 23:159-175.

White, J. W.; Singh, S. P.; Pino, C.; Ríos, B. M. J. and Buddenhagen, I. 1992. Effects of seed size and photoperiod response on crop growth and yield of common bean. *Field Crop Res.* 28:295-307.