

Moringa oleifera Lam. (Moringaceae): ÁRBOL EXÓTICO CON GRAN POTENCIAL PARA LA GANADERÍA ECOLÓGICA EN EL TRÓPICO

Moringa oleifera Lam. (Moringaceae): EXOTIC TREE WITH GREAT POTENTIAL FOR ECOLOGICAL LIVESTOCK PRODUCTION IN THE TROPICS

Casanova-Lugo F.¹; Cetzal-Ix W.^{2*}; Díaz-Echeverría V.F.¹; Chay-Canul A.J.³; Oros-Ortega I.¹;
Piñero-Vázquez A.T.⁴; González-Valdivia N.A.²

¹Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de la Zona Maya. Carretera Chetumal-Escárcega km 21.5, Ejido Juan Sarabia, Othón P. Blanco, Quintana Roo. C. P. 77965. ²Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Chiná. Calle 11 entre 22 y 28. Chiná, Campeche. C. P. 24520. ³Universidad Juárez Autónoma de Tabasco División Académica de Ciencias Agropecuarias. Carretera Villahermosa km 25, Teapa, Tabasco. C. P. 86040. ⁴Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Conkal. Avenida Tecnológico s/n Conkal, Yucatán. C. P. 97345.

*Autor para correspondencia: rolito22@hotmail.com

RESUMEN

En países tropicales de América, plantas exóticas como *Moringa oleifera* Lam. (Moringaceae), han sido escasamente evaluadas a pesar de poseer diversos atributos agro-ecológicos para la ganadería. El objetivo de esta revisión es presentar a *M. oleifera*, como una especie arbórea con alto potencial para la ganadería ecológica en las zonas tropicales de México y en Latinoamérica. Los resultados encontrados indican que esta especie es de rápido crecimiento, posee una alta producción de biomasa fresca (hasta 25.8 t ha⁻¹ año⁻¹), comparado con otras especies arbóreas forrajeras. Sus hojas son ricas en proteína (>18 %) y bajas en fibra (32.0 %), lo cual permite tener incrementos en la producción animal. Adicionalmente, en condiciones de campo *M. oleifera* puede asociarse con diversos microorganismos del suelo que contribuyen a mejorar la eficiencia de absorción de nutrimentos del suelo. También, sus hojas poseen una rápida tasa de descomposición (85.3 %) y liberación de N al suelo (89.0 %) en cuatro semanas de incubación, lo que podría contribuir a mejorar las propiedades físico-químicas del suelo. Las características del rápido crecimiento, alta producción de biomasa, buena calidad nutricional del forraje de *M. oleifera*, demuestran que es un árbol con alto potencial para la ganadería ecológica y que puede contribuir a la conservación de los suelos en las zonas tropicales.

Palabras clave: árboles forrajeros, descomposición de hojas, microorganismos edáficos, producción animal.

ABSTRACT

In tropical countries of America, exotic plants such as *Moringa oleifera* Lam. (Moringaceae) have been poorly evaluated despite having various agro-ecological attributes for livestock production. The objective of this review is to present *M. oleifera*, as a tree species with high potential for ecological livestock production in the tropical zones of Mexico and Latin America. The results indicate that it is a species of fast growth, and has high production of fresh biomass (up to 25.8 t ha⁻¹ yr⁻¹) compared to other forage tree species. Its leaves are rich in protein (>18 %) and low in fiber (32.0 %), which allows

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 2, febrero. 2018. pp: 100-105.

Recibido: febrero, 2018. **Aceptado:** febrero, 2018.



increases in animal production. Additionally, under field conditions, *M. oleifera* can be associated with various soil microorganisms that contribute to improving the assimilation efficiency of soil nutrients. Also, its leaves have a fast rate of decomposition (85.3 %) and release of N to the soil (89.0 %) in four weeks of incubation, which could contribute to improve the physical-chemical properties of the soil. The characteristics of fast growth, high production of biomass, good nutritional quality of the *M. oleifera* forage, show that it is a tree with high potential for ecological livestock production and which can contribute to the conservation of soils in tropical zones.

Keywords: forage trees, leaf decomposition, soil microorganisms, animal production.

vienen en la liberación de nutrientes al suelo. Por lo anterior, el objetivo de la presente contribución es mostrar a la *M. oleifera*, como una especie arbórea con alto potencial para la ganadería ecológica en las zonas tropicales de México y en Latinoamérica.

Moringa Adans.

El género *Moringa Adans.* (Moringaceae) comprende 13 especies arbóreas, distribuidas en climas tropicales y subtropicales (CONABIO, 2016). La especie más popular del género es *M. oleifera*, un árbol nativo de la región sur de los Himalayas (India y Pakistán); cultivada en México, Mesoamérica, Venezuela, Guyana, Guayana Francesa, Antillas y trópicos de Asia y África (Monro, 2015). Esta especie se caracteriza por su hábito arbustivo (2-5 m) o arbóreo (menos de 10 m de alto), el tronco con la corteza lisa, blanquecina a grisácea, con hojas 2-3-pinnadas, flores con los sépalos y pétalos blancos a cremosos y frutos péndulos, lineares (Figura 1) (Zamora-Villalobos, 2007).

Esta planta se destaca por sus múltiples usos y adaptación a diferentes condiciones edafo-climáticas, por lo que constituye una opción para la alimentación, sobre todo en los países tropicales (CONABIO, 2016). La especie tiene una gran plasticidad ecológica, ya que es capaz de adaptarse a las diversas condiciones de suelo y clima. Su valor nutricional y los elevados rendimientos de biomasa, la hacen un recurso fitogenético de importancia en los sistemas de producción (Pérez *et al.*, 2010). *Moringa oleifera* es usada como forraje para animales, la planta contiene altos niveles de proteína, potasio, calcio, hierro, así como vitaminas A y C, comparada con otros forrajes,

INTRODUCCIÓN

Los indicadores de producción ganadera en América Latina han permanecido invariables en los últimos años debido a desventajas como la reducida cantidad y calidad de los forrajes a causa de las sequías periódicas y pérdida de las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Ramos-Trejo *et al.*, 2015). Una alternativa a los problemas de degradación de los recursos naturales por cambios de uso de suelo es la implementación de sistemas silvopastoriles, que son formas de uso de la tierra, donde las leñosas perennes interactúan biológicamente en un área con pastos y/o animales; el propósito fundamental es diversificar y optimizar la producción e incrementar la productividad animal, respetando así el principio de sostenibilidad (Ramos-Trejo *et al.*, 2015). En algunas zonas tropicales, el cambio climático incrementa la frecuencia de sequías y la extensión de éstas, disminuyendo las opciones disponibles para incluir, dentro de sistemas sustentables, a especies forrajeras, debido a que además deben ser tolerantes a este fenómeno.

Una de las especies forrajeras tolerantes a sequía, consideradas como alternativas para el establecimiento de sistemas silvopastoriles es el árbol de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) (Ramos-Trejo *et al.*, 2015). La moringa se destaca por sus múltiples usos y adaptación a diferentes condiciones edafo-climáticas, por lo que constituye una opción para la alimentación, sobre todo en los países tropicales (CONABIO, 2016). Las hojas son comestibles y ricas en proteínas, con un perfil de aminoácidos esenciales muy balanceado, al mismo tiempo contiene vitaminas, principalmente vitamina A y C (Olson y Fahey, 2011).

Desde el punto de vista económico, social y medicinal, la moringa tiene características importantes tales como el rápido crecimiento, el alto contenido de nutrientes en su biomasa que son aportados al suelo, que previenen la degradación por factores externos como la desecación y altas temperaturas (Pérez *et al.*, 2010). La moringa también es usada como forraje debido a sus características nutricionales, a su alto rendimiento de producción de biomasa fresca (Magaña-Benitez, 2012), bajo costo de producción (Pérez *et al.*, 2010), y su capacidad de asociación con diversos microorganismos del suelo (i.e. hongos) quienes contribuyen en la nutrición de la planta misma e inter-

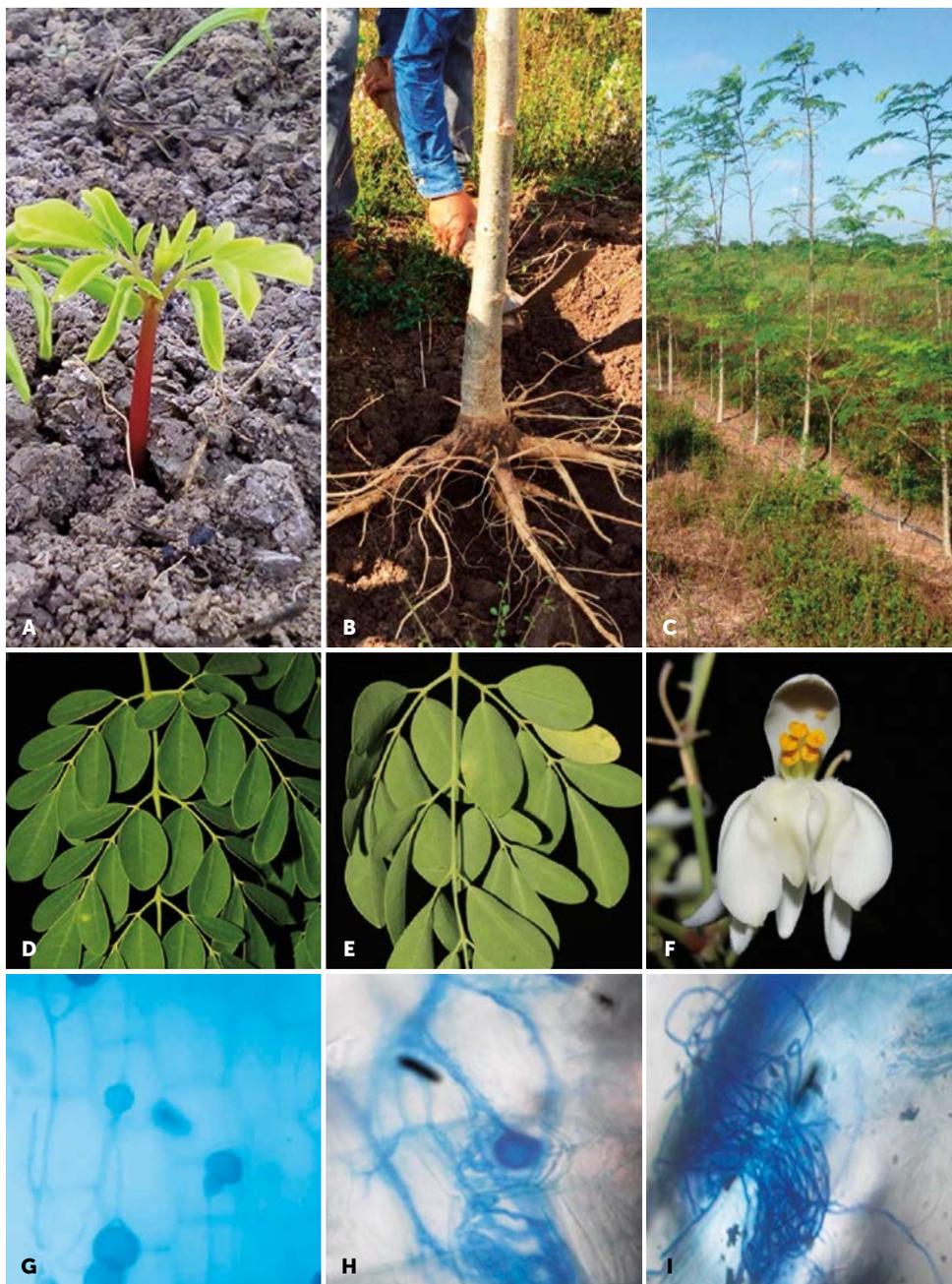


Figura 1. Morfología del árbol y estructuras de hongos micorrízicos en las raíces de *Moringa oleifera*. A. Plántula. B. Raíces de plantas adultas. C. Cultivo. D. Detalles del haz de la hoja. E. Detalle del envés de la hoja. F. Flor. G. Vesícula. H. Arbúsculos. I. hifas. Fotos: A-C. F. Casanova-Lugo. D-F. W. Cetzal-Ix. G-L. Pérez-Garfías y Valdez Velazco (inédito).

es mayor en cuanto al contenido de proteína cruda y menos contenido de componentes fibrosos (Magaña-Benítez, 2012). Debido a sus cualidades, se le considera una de las plantas más importantes del mundo con un alto impacto en la nutrición animal (Meza *et al.*, 2016).

Comportamiento agronómico

En México, los estudios sobre el comportamiento agronómico de *Moringa* son escasos. Por ejemplo, en bancos de forraje de siete años de establecimiento en Yu-

catán, México, a densidades de 10,000 plantas ha^{-1} se ha observado que posee una alta producción de biomasa fresca hasta 25.8 $\text{t ha}^{-1} \text{año}^{-1}$, comparado con *Guazuma ulmifolia* Lam. y *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., con rendimientos de hasta 26.6 y 40.2 $\text{t ha}^{-1} \text{año}^{-1}$, respectivamente (Gallegos-Pérez *et al.*, 2013).

Un estudio realizado recientemente en Quintana Roo, México, muestra que la densidad de plantación tiene un efecto significativo en el crecimiento de *M. oleifera* en suelos gleysoles en condiciones de trópico subhúmedo (Cuadro 1) (Ordoñez, 2017). Este mismo efecto ha sido registrado en Cuba por Sosa-Rodríguez *et al.* (2017), quienes evaluaron diferentes densidades de siembra, registrando que a menor distancia de siembra el aumento en altura total y en el rendimiento de biomasa es mayor, mientras que el número de brotes es significativamente menor.

La moringa tolera podas regulares, su emisión de brotes es de 4 a 5 ramas por cada tallo en promedio, con mayor crecimiento de ramas cuando se poda el tallo entre 6 a 8 cm de

diámetro. Es tolerante a la sequía debido a su raíz pivotante engrosada, con la capacidad de almacenar hormonas de crecimiento, nutrientes y agua, así como de generar nuevos brotes, incluso en etapas tempranas de su crecimiento como plántula; su potencial como agente promotor de enraizamiento ha sido probado en estacas de especies leñosas con resultados equiparables a enraizadores comerciales (Balan-Castillo, 2015). También se ha determinado su potencial como fuente para elaborar tortas proteicas para abejas melíferas a partir de

sus hojas (Hernández-González, 2017); asimismo, se ha determinado que a nivel de plántula responde a la fertilización, incrementando su crecimiento (Marín-Arenas, 2014).

Por otra parte, Tzuc-Martínez *et al.* (2017), realizó un estudio en Yucatán, México, indicando que *M. oleifera* posee buena capacidad para el control de arvenses en sistemas agro-silvopastoriles debido a sus características arquitectónicas de la copa, que reduce la interceptación lumínica al suelo y en consecuencia, no permite las condiciones ambientales favorables para la germinación de arvenses, además; sus hojas aunque muestran bajos contenidos de taninos (metabolitos secundarios), son suficientes para inhibir dicha germinación, por lo que estos autores mencionan que el potencial de supresión de arvenses de esta especie es del 26 %, bastante efectivo cuando se compara con especies leñosas como *L. leucocephala* y *G. ulmifolia*, las cuales muestran mayores contenidos de taninos y mimosina, y que poseen un potencial de supresión del 23 y 36 %, respectivamente.

Moringa oleifera en la alimentación de rumiantes

La fracción comestible de *M. oleifera* comparada con otros forrajes como, el pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), pretoria (*Dichanthium annulatum* (Forssk.) Stapf), zacate Johnson (*Sorghum halepense* (L.) Pers.), entre otros, es mayor en cuanto al contenido de proteína cruda y menor en el con-

Cuadro 1. Crecimiento de *M. oleifera* a 150 días después del trasplante en diferentes densidades de plantación en un suelo gleysol el sur de Quintana Roo, México (Ordóñez, 2017).

Parámetros	Densidad de plantación (plantas ha ⁻¹)		
	5,000	6,667	10,000
Altura total (cm)	204.6 a	178.2 b	132.6 b
Diámetro del tallo (mm)	34.2 a	25.2 b	21.5 b
Número de hojas	34.3 a	13.0 b	9.8 b
Número de ramas	5.5 a	1.1 b	0.5 b

Medias con literales distintas en cada fila indican diferencias significativas ($p < 0.05$) de acuerdo a Tukey.

tenido de componentes fibrosos (Cuadro 2); debido a estas cualidades se le considera una de las plantas más importantes del mundo, con un alto impacto sobre la nutrición animal (Meza *et al.*, 2016).

Las hojas de *M. oleifera* tienen aminoácidos esenciales, incluidos los aminoácidos azufrados en niveles superiores que los recomendados por la Organización de Alimentos y Agricultura, con patrones similares a los de las semillas de soya (*Glycine max* (L.) Merr.). Los análisis de la composición proximal de semillas de *M. oleifera* han mostrado altos niveles de lípidos y proteínas con pocas variaciones que pueden explicarse por las diferentes condiciones climáticas, la época del año y los diferentes tipos de suelo a partir de los cuales se recolectaron las semillas. Abdulkarim *et al.* (2005) describieron altos niveles de proteínas totales (383.0 ± 13.0 g kg⁻¹ de materia seca), que resultaron ser mayores que las semillas leguminosas impor-

Cuadro 2. Composición nutricional promedio de los diferentes componentes de *Moringa oleifera* Lam. en un suelo gleysol el sur de Quintana Roo, México (Ordóñez, 2017).

Componentes	PC (%)	MO (%)	FDN (%)	CEN (%)
Hojas	18.1	87.8	32.0	7.5
Tallo y ramas	4.6	89.2	66.7	6.3
Raíz	4.6	88.9	39.4	7.9

PC, Proteína cruda (Nitrógeno total $\times 6.25$); MO, materia orgánica; FDN, fibra detergente neutro; CEN, Cenizas.

tantes para la nutrición humana, cuyas semillas secas usualmente contienen de 18 a 25 % de proteína.

En relación con los factores anti-nutricionales, las hojas tienen una baja cantidad de taninos (12 g kg⁻¹ de materia seca), fitato (21 g kg⁻¹ de ma-

teria seca) y ausencia de inhibidores de tripsina y amilasa, lectinas, glucósidos cianogénicos y glucosinatos. Las vainas y el tallo contienen cantidades irrelevantes de taninos, pero las saponinas y los alcaloides están presentes en cantidades biológicamente importantes en las hojas y el tallo (80 g kg⁻¹ de materia seca), respectivamente, aunque en niveles considerados no tóxicos para los rumiantes.

Estudios realizados en Israel por Cohen-Zinder *et al.* (2016) señalan que la inclusión de follaje de *M. oleifera* en silos a base de heno de trigo y melaza de caña de azúcar mejoró el consumo voluntario en vacas lactantes, asimismo incrementó el rendimiento de leche y de grasa de leche en 1.91 % y 4.26 %, respectivamente. Además, estos mismos autores señalan que la leche de las vacas alimentadas con *M. oleifera* se caracterizó por tener un 20 % más de actividad antioxidante en comparación con las vacas del tratamiento control.

Asimismo, un estudio con vacas lactantes en Nicaragua señaló que la suplementación con follaje de *M. oleifera* incrementó el consumo de materia seca de 8.5 a 10.2 y 11.0 kg por día y la producción de



leche de 3.1 a 4.9 y 5.1 kg por día, en comparación con el heno solo de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf) y la suplementación con 2 kg y 3 kg de materia seca de *M. oleifera*, respectivamente. La grasa de la leche, los sólidos totales y la proteína cruda y las características organolépticas, el olor, el sabor y el color, no fueron significativamente diferentes entre las dietas. Los coeficientes de digestibilidad aparente de materia seca, materia orgánica, proteína cruda, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido aumentaron en las dietas suplementadas con *M. oleifera* en comparación con solo *B. brizantha* (Reyes-Sánchez *et al.*, 2006).

Por su parte, Aregheore (2002) señaló que en cabras cruzadas (Anglo-Nubian×Local Fiji), la inclusión del 20 al 50 % del forraje de *M. oleifera* mostraron mayores ganancias de peso vivo, y una mayor digestibilidad de la materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro, materia orgánica y energía en comparación con el tratamiento testigo a base de forraje de *Ischaemum aristatum* L.

Asociaciones de *Moringa oleifera* con microorganismos del suelo

Moringa oleifera, como la mayoría de las plantas, establecen interacciones con diferentes microorganismos del suelo, principalmente hongos micorrízicos, para incrementar su adquisición de nutrimentos tales como N y P, así como generar la protección contra patógenos (Knopf *et al.*, 2013).

Lo anterior toma importancia dado que, en México, la mayor superficie de suelos destinados para la ganadería se encuentra en proceso de degradación, debido a la pérdida de fertilidad y la compactación por el sobrepastoreo, lo que disminuyen su productividad biológica y su capacidad actual o futura para sostener la vida (Oldeman, 1998). En consecuencia, año con año los productores tienen la necesidad de remover la vegetación natural para el establecimiento de nuevas áreas de pastoreo a base de monocultivos de gramíneas (INEGI, 2014). No obstante, a pesar de esta problemática, el papel de las interacciones con microorganismos del suelo (i.e. asociaciones micorrízicas) ha sido poco explorado.

Al respecto existen escasos estudios en relación a la diversidad de especies asociadas con plantas con potencial agroforestal como moringa, por ejemplo; Pita-Hernández *et al.* (2013), comprobaron que existe asociación micorrízica entre *M. oleifera* y *Glomus fasciculatum*. Asimismo, Knopf *et al.* (2013) muestran que en condiciones

de campo, *M. oleifera* puede asociarse con *G. hoyi*, *G. mosseae* y *G. intraradices*, por lo que pueden contribuir a mejorar la eficiencia de absorción de nutrimentos del suelo debido a que las micorrizas incrementan la superficie radical para la absorción de agua y elementos esenciales como N, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, Zn, S y B (Smith y Read, 2008; Muñoz-Márquez *et al.*, 2009).

Descomposición de hojarasca y liberación de nitrógeno al suelo

Las tasas de descomposición son un indicador de la funcionalidad de los procesos de los ecosistemas en el suelo y de los ciclos de nutrimentos, que incluyen descomposición de la hojarasca y el aporte de nutrimentos y en el que los organismos del suelo desempeñan un papel central (Tian y Badejo, 2001).

De acuerdo a Petit-Aldana *et al.* (2012), las pérdidas de masa y liberación de N al suelo de las hojas de *M. oleifera* fueron rápidas a las 4 semanas de incubación (85.3 y 89.0 %, respectivamente). Lo anterior se debe a que el proceso inicial es realizado por la macro-fauna generalista del suelo, que es la encargada de fragmentar físicamente los residuos vegetales con el fin de mejorar las condiciones del material para que la micro-fauna pueda continuar con el proceso de descomposición (Reynolds y Hunter, 2001).

CONCLUSIÓN E IMPLICACIONES

El rápido crecimiento, la alta producción y calidad de biomasa, la relativa falta de componentes anti-nutricionales en las hojas, entre otros atributos de *M. oleifera*, señalan que esta especie arbórea posee un alto potencial para la ganadería ecológica, ya que podría ser una excelente fuente de forraje de calidad para la alimentación animal, además de contribuir a la conservación de los suelos en las zonas tropicales.

A pesar de lo anterior, en México y en general en América Latina, la información sobre la respuesta de crecimiento de *M. oleifera* bajo diferentes condiciones de suelo y de humedad es escasa. Más aun, en sistemas silvopastoriles, la información es incipiente pues se desconoce el momento óptimo para su aprovechamiento (i.e. frecuencia de pastoreo y altura de poda) cuando se encuentra asociada con pastos tropicales, lo que podría limitar el rendimiento y calidad nutricional del forraje y, consecuentemente, la producción animal. Por lo anterior, es necesario realizar más estudios que permitan contribuir al conocimiento sobre el establecimiento y comportamiento

agronómico de *M. oleifera* en sistemas silvopastoriles en condiciones tropicales, lo que permitiría una conversión de la ganadería tradicional, basada en monocultivos de gramíneas hacia una ganadería ecológica.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento otorgado al proyecto: "Establecimiento de un banco de forraje de *Moringa oleifera* para la alimentación de ovinos de pelo en el sur de Quintana Roo" con clave: 6105.17-P. Asimismo, al IT de la Zona Maya por el apoyo y facilidades brindadas a los autores.

LITERATURA CITADA

- Abdulkarim S.M., Long K., Lai O. M., Muhammad S.K.S., Ghazali H.M. 2005. Some physico-chemical properties of *Moringa oleifera* seed oil extracted using solvent and aqueous enzymatic methods. *Food Chemistry* 93: 253-63.
- Aregheore E.M. 2002. Intake and digestibility of *Moringa oleifera*-batiki grass mixtures for growing goats. *Small Ruminant Research* 46: 23-28.
- Balan-Castillo F.R. 2015. Potencial de enraizamientos de tres fuentes hormonales naturales sobre estacas de ciruela (*Spondias purpurea*), chaya (*Cnidioscolus aconitifolius*) y ciricote (*Cordia dodecandra*). Instituto Tecnológico de Chiná, Campeche. Campeche. 40 p.
- Cohen-Zinder M., Leibovich H., Vaknin Y., Sagi G., Shabtay A., Ben-Meir Y., Nikbachat M., Portnik Y., Yishay M., Miron J. 2016. Effect of feeding lactating cows with ensiled mixture of *Moringa oleifera*, wheat hay and molasses, on digestibility and efficiency of milk production. *Animal Feed Science and Technology* 211: 75-83.
- CONABIO. 2016. *Moringa oleifera* Lam. Disponible en: <http://www.naturalista.mx/taxa/165529-Moringa-oleifera> (consultado 25 diciembre 2017).
- Gallegos-Pérez M., Caamal-Maldonado A., Casanova-Lugo F., Tzuc-Martínez R. 2013. Rendimiento de forraje de especies arbóreas en sistemas agroforestales y su uso como abono verde para el maíz. In: Chay-Canul A.J., Casanova Lugo F. (eds.). La contribución del sector pecuario a la seguridad alimentaria en México. Primera edición, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México, pp. 943-946.
- Hernández-González O.A. 2017. Evaluación de un suplemento proteico a base de moringa (*Moringa oleifera*) como estrategia de alimentación de colonias de abejas melíferas. Instituto Tecnológico de Chiná. Campeche. 42 p.
- INEGI. 2014. Erosión de suelos en México, escala 1: 250 000. Boletín de prensa Núm. 295/14 2014. I Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Aguascalientes.
- Knopf E., Blaschke H., Munch J. 2013. Improving *Moringa* growth by using Autochthonous and Allochthonous arbuscular mycorrhizal fungi in Lake Victoria Basin. *West African Journal of Applied Ecology* 21: 47-57.
- Magaña-Benitez W. 2012. Aprovechamiento poscosecha de la moringa (*Moringa oleifera*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 13: 171-174.
- Marín-Arenas R. 2014. Efecto de la fertilización química en el crecimiento de plántulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.). Instituto Tecnológico de Chiná, Campeche. 32 p.
- Meza Z., Olivares E., Gutiérrez E., Bernal H., Aranda J., Vázquez R., Carranza R. 2016. Crecimiento y producción de biomasa de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) bajo las condiciones climáticas del Noreste de México. *Tecnociencia Chihuahua* 10: 143-153.
- Monro A.K. 2015. *Moringa oleifera* Lam. Missouri Botanical Garden. Disponible en: <http://www.tropicos.org/name/21400003?projectid=3> (Consultado 05 enero, 2018).
- Muñoz-Márquez E., Macías-López C., Franco-Ramírez A., Sánchez-Chávez E., Jiménez-Castro J., González-García J. 2009. Identificación y colonización natural de hongos micorrizicos arbusculares en nogal. *Terra Latinoamericana* 27: 355-361.
- Oldeman L.R. 1998. Guidelines for general assessment of the status of human-induced soil degradation. Working paper 88/4. International Soil Reference and Information Centre (ISRIC). Wageningen, The Netherlands.
- Olson M., Fahey J. 2011. *Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 1071-1082.
- Ordoñez J. 2017. Establecimiento de un banco de forraje de *Moringa oleifera* para la alimentación de ovinos de pelo en el sur de Quintana Roo. Instituto Tecnológico de la Zona Maya. Juan Sarabia. 35 p.
- Pérez A., Sánchez T., Armengol N., Reyes F. 2010. Características y potencialidades de *Moringa oleifera* Lam., una alternativa para la alimentación animal. *Pastos y Forrajes* 33: 1-16.
- Petit-Aldana J., Uribe-Valle G., Casanova-Lugo F., Solorio-Sánchez J., Ramírez-Avilés L. 2012. Descomposición y liberación de nitrógeno y materia orgánica en hojas de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Guazuma ulmifolia* Lam. y *Moringa oleifera* Lam. en un banco mixto de forraje. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 18: 5-25.
- Pita-Hernández A., Miranda-Sierra C.A., García-Quiñones E., Valdés-Iglesias M.A. 2013. Asociación micorrízica entre *Moringa oleifera* Lam. y el *Glomus fasciculatum*. *Avances* 15: 215-226.
- Ramos-Trejo O., Castillo-Huchin J., Sandoval-Gío J.J. 2015. Efecto de intervalos y alturas de corte en la productividad forrajera de *Moringa oleifera*. *Revista Bio Ciencias* 3(13):187-194.
- Reyes-Sánchez N., Spöndly E., Ledin I. 2006. Effect of feeding different levels of foliage of *Moringa oleifera* to creole dairy cows on intake, digestibility, milk production and composition. *Livestock Science* 101: 24-31.
- Reynolds B.C., Hunter, M.D. 2001. Responses of soil respiration, soil nutrients, and litter decomposition to inputs from canopy herbivores. *Soil Biology and Biochemistry* 33: 1641-1652.
- Smith S.E., Read D.J. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. 3a ed. Academic Press. Londres. 787 pp.
- Sosa-Rodríguez A.A., Ledea-Rodríguez J.L., Estrada-Prado W., Molinet-Salas D. 2017. Efecto de la distancia de siembra en variables morfoagronómicas de moringa (*Moringa oleifera*). *Agronomía Mesoamericana* 28: 207-211.
- Tian G., Badejo, M. A. 2001. Soil fauna and soil fertility. In: Tian G., Hatfield J.L., Ishida F. (eds.). *Sustaining Soil Fertility in West Africa*. SSSA Special Publication. Madison, Wisconsin. pp. 45-67.
- Tzuc-Martínez R., Casanova-Lugo F., Caamal-Maldonado A., Tun-Garrido J., González-Valdivia N., Cetzal-Ix W. 2017. Influencia de las especies leñosas en la dinámica de arvenses en sistemas agroforestales en Yucatán, México. *Agrociencia* 51: 315-328.
- Zamora-Villalobos N. 2007. *Moringaceae*. En: *Manual de Plantas de Costa Rica*. Vol. VI. B.E. Hammel, M.H. Grayum, C. Herrera & N. Zamora (eds.). *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden* 111: 676-677.