

Effect of cutting intervals and heights in forage productivity of *Moringa oleifera*.

Efecto de intervalos y alturas de corte en la productividad forrajera de *Moringa oleifera*.

Ramos-Trejo O.^{1*}, Castillo-Huchín J.², Sandoval-Gío J.J.¹

¹Instituto Tecnológico de Tizimín, Área Pecuaria, Final aeropuerto Cupul, Tizimín, Yucatán. ²INIFAP, Sitio Experimental Tizimín, Nutrición Animal, Km 15, carretera Tizimín- Colonia Yucatán, Tizimín, Yucatán. México.

ABSTRACT

The use of *Moringa oleifera* as fodder is due to its good nutritional characteristics and high yield of fresh biomass. Eastern Yucatan, Mexico has favorable soil and climatic conditions for its establishment. The aim of this work was to estimate forage productivity of *Moringa oleifera* in two cutting intervals and three different heights. The experiment was conducted at the Experimental Site of Tizimín from the National Institute of Forest, Agricultural and Livestock Researches (INIFAP). The experimental units were placed in a completely randomized design with a 2 x 3 factorial arrangement and four replications. Forage yield was quantified and foliage samples were taken for DM content. Significant differences ($p < 0.05$) between total DM production and total protein (TP) in treatments were found. In the period of 60 days and 40 cm cut height, the *M. oleifera* had the highest dry matter (DM), (1.912 t DM ha⁻¹ cut⁻¹) and TP (0.416 t TP ha⁻¹ cut⁻¹) yields compared with the lowest performance of the other treatments. In the case of leaf-stem ratio (%), plant height, and crude protein (%), no statistical differences ($p > 0.05$) were found. In conclusion, during the evaluation of *Moringa oleifera*, it was found that the best performance in this work is obtained when the cuts on the soles are made

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: September 4th 2014.

Accepted/Aceptado: November 12th 2014.

RESUMEN

El uso de *Moringa oleifera* como forraje se debe a sus óptimas características nutricionales y a su alto rendimiento de producción de biomasa fresca. En el oriente de Yucatán México, se presentan condiciones edafoclimáticas favorables para su establecimiento. El objetivo de este trabajo consistió en estimar la productividad forrajera de *Moringa oleifera* en dos intervalos de corte y tres alturas diferentes. El experimento se realizó en el Sitio Experimental de Tizimín del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Las unidades experimentales se dispusieron en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 3 y cuatro réplicas. Se cuantificó el rendimiento de forraje y se tomaron muestras de follaje para determinar el contenido de materia seca (MS). Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos en la producción de MS y proteína total (PT). En el periodo de 60 días y 40 cm de altura al corte, se observó que *M. oleifera* obtuvo los más altos rendimientos de MS (1.912 t MS ha⁻¹ corte⁻¹) y PT (0.416 t MS ha⁻¹ corte⁻¹), comparado con los otros tratamientos. No se encontraron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre las características agronómicas: altura de las plantas, relación hoja-tallo (%) y proteína cruda (%). En conclusión, en la evaluación de la *Moringa oleifera* se encontró que el mejor rendimiento en este trabajo se obtiene cuando los cortes en las plantas se realizan cada 60 días a una altura de 40 cm (1.9119 t MS

*Corresponding Author:

Ramos Trejo, O., Instituto Tecnológico de Tizimín, Final aeropuerto Cupul, CP 97700. Tizimín, Yucatán, México. Phone and Fax +52(986) 863 4279 Ext.120. E-mail: o_ramost@yahoo.com.mx

every 60 days at a height of 40 cm ($1.9119 \text{ t ha}^{-1} \text{ cut}^{-1}$); however, more agronomic studies of this plant are recommended in the eastern Yucatan, such as: planting density, arrangement, partnerships with other shrub species in the region, rain and dry periods, in order to have a viable and profitable option forage productivity of this plant.

KEY WORDS

Yield, dry matter, total protein, *Moringa oleifera*, fodder plant.

Introduction

Cattle production indicators in America Latina have remained invariable in the past years due to certain disadvantages such as the reduced amount and quality of forages, the persistent monoculture of grasses, periodic draughts and loss of physical, chemical and biological characteristics of the soil (Izaguirre and Martínez, 2008). Mainly, during dry season in sub-humid and semi-arid tropic zones, quality of natural and induced feed grasses as basic dietary diminishes, which causes the use of supplements necessary and increases the costs to small producers. In order to balance these low contents of crude protein, sown areas of tree legumes have been established to form what is known as "fodder banks". Hence, plantation of these species at high densities in agroforest systems has been established as alternative protein bank to maintain or improve the animal productivity and sustainability (Solorio, 2005). Essentially, silvopastoral systems associate forage grass, bushes and trees that work as alternative systems of livestock production with the quality that they are friendly with the environment since they allow to improve both environmental quality and livestock production. In addition, they improve the performance of the river basin and induce a varied habitat to a wide variety of biodiversity (Arias, 2007; FAO, 2007). On the other hand, forage trees play an fundamental role in soil fertility since they incorporate atmospheric nitrogen and recycle important amounts of nutrients by means of production and incorporation of leaf litter to the soil (Chikowo *et al.*, 2006; Sileshi and Mafongoya, 2007). Previous studies establish that the amount of biomass produced by forage trees in a silvopastoral system is in function of the plantation density, the arrangement, species, frequen-

$\text{ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$); sin embargo, se recomiendan más estudios agronómicos de esta planta en el oriente de Yucatán, como son: 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.

PALABRAS CLAVE

Rendimiento, materia seca, proteína total, *Moringa oleifera*, planta forrajera.

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, el persistente monocultivo de gramíneas, sequías periódicas y pérdida de las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Izaguirre y Martínez, 2008). Especialmente durante la estación seca en zonas de los trópicos subhúmedos y semiáridos, la calidad de pasturas naturales e inducidas como dieta básica disminuye, lo que hace necesario el uso de suplementos e incrementa los costos en los pequeños ganaderos. Para contrarrestar estos bajos contenidos de proteína cruda se han establecido áreas sembradas de leguminosas arbóreas que forman lo que se conoce como "bancos forrajeros". Así, la plantación de estas especies a densidades altas en sistemas agroforestales ha sido establecida como banco de proteína alternativo para mantener o mejorar la productividad animal y la sostenibilidad (Solorio, 2005). Esencialmente, los sistemas silvopastoriles asocian pastos, arbustos y árboles forrajeros que funcionan como sistemas alternos de producción ganadera con la cualidad de que son amigables con el entorno ya que permiten mejorar tanto la calidad ambiental como la productividad pecuaria. Además, mejoran la gestión de la cuenca hidrográfica y proporcionan un hábitat variado a una amplia variedad de biodiversidad (Arias, 2007; FAO, 2007). Por otro lado, los árboles forrajeros juegan un papel fundamental en la fertilidad de los suelos ya que incorporan nitrógeno atmosférico y reciclan cantidades importantes de nutrientes por medio de producción e incorporación de hojarasca al suelo (Chikowo *et al.*, 2006; Sileshi y Mafongoya, 2007). Estudios previos establecen que la cantidad de biomasa producida por los árboles forrajeros en un sistema silvopastoril está en función de la densidad de plantación, el arreglo, las especies, la frecuencia y altura a la que se regule el corte. La remoción total o parcial

cy and height in which the cutting is regulated. Total or partial removing of foliage can also influence recuperation time (Reyes *et al.*, 2006). One of the forage species considered as alternatives for the supplementation of livestock is *Moringa oleifera*, native tree from South Asia (García *et al.*, 2006). This forage tree's culture has a lot of advantages, worth mentioning its reproduction by stakes and seeds and fast growth in alkaline soils such as acids, reaching heights of 7–12 m. Likewise, it tolerates climates from the level up to 1800 meters and up to six months of draught (Palm, 1995). The choice of use of moringa as forage is due to its great nutritional characteristics and its high production yield of fresh biomass. Different authors report that the production of dry matter (DM) ranges from 15 to 24 t ha⁻¹ año⁻¹, its crude protein contents range from 17–26.8 %, neutral detergent fiber from 321.2–521 g kg⁻¹ DM, and acid detergent fiber 223.5 – 361 g kg⁻¹ DM (Reyes *et al.*, 2006). In addition, digestibility *in vitro* data are recorded from the DM in leaves and stalks of 79 and 57 % respectively, and metabolizing energy of 2.27 Mcal kg⁻¹ DM (National Academic of Sciences, 1979). In a forage yield evaluation and dasometric behavior of *Leucaena leucocephala*, *Guazuma ulmifolia* and *Moringa oleifera* in a forage bank in monocultures and associated to dry season and rainy season in Yucatan, México, Petit *et al.*, (2010) determined low increments in height and diameter amounts, besides of a moderated capacity of recovery in the number of relapses in the evaluated species. The association of *G. ulmifolia* and *L. leucocephala* obtained the highest yields of forage in between times (two in rainy season and two in dry season) with 2.581 t DM ha⁻¹ and accumulated 6.965 t DM ha⁻¹.

Due to the importance of this plant in the agroforest systems, the aim of this paper is to estimate forage productivity of *Moringa oleifera* in two cutting intervals and three different heights.

Materials and Methods

Location of experimental area

The experiment was performed during a year at the Experimental Site of Tizimín (INIFAP), located in Km 14 Road Tizimín – Colonia Yucatán, from the municipality of Tizimín, Yucatán, México; at 21° 09' 29" North latitude and 88° 10' 21" West length, during June 2011 to February 2012.

del follaje también puede influir en el tiempo de recuperación (Reyes *et al.*, 2006). Una de las especies forrajeras consideradas como alternativas para la suplementación del ganado es *Moringa oleifera*, árbol originario del sur de Asia (García *et al.*, 2006). El cultivo de este árbol forrajero posee muchas ventajas, entre las que destacan su reproducción por estacas o semillas y crecimiento rápido, tanto en suelos alcalinos como ácidos, alcanzando alturas de 7-12 m. Asimismo, tolera climas propios del nivel del mar hasta los 1800 metros y hasta seis meses de sequía (Palm, 1995). La elección del uso de moringa como forraje se debe a sus buenas características nutricionales y a su alto rendimiento de producción de biomasa fresca. Diversos autores reportan que la producción de materia seca (MS) oscila entre 15 a 24 t ha⁻¹ año⁻¹, sus contenidos de proteína cruda en un rango de 17-26.8 %, la fibra detergente neutra de 321.2-521 g kg⁻¹ MS y la fibra ácido detergente 223.5-361 g kg⁻¹ MS (Reyes *et al.*, 2006). Asimismo, se registran datos de digestibilidad *in vitro* de la MS en hojas y tallos de 79 y 57 % respectivamente y energía metabolizable de 2.27 Mcal kg⁻¹ MS (National Academic of Sciences, 1979). En una evaluación del rendimiento de forraje y el comportamiento dasométrico de *Leucaena leucocephala*, *Guazuma ulmifolia* y *Moringa oleifera* en un banco forrajero en monocultivos y asociadas en época de seca y en época de lluvia en Yucatán, México, Petit *et al.*, (2010), determinaron bajos incrementos en los valores de altura y diámetro además de una capacidad moderada de recuperación en el número de rebrotes en las especies evaluadas. La asociación *G. ulmifolia* y *L. leucocephala* obtuvieron los mayores rendimientos de forraje entre épocas (dos en lluvia y dos en seca) con 2.581 t MS ha⁻¹ y acumulado 6.965 t MS ha⁻¹.

Por la importancia de esta planta en los sistemas agroforestales, el objetivo de este trabajo consiste en estimar la productividad forrajera de *Moringa oleifera* en dos intervalos de corte y tres alturas diferentes.

Materiales y Métodos

Ubicación del área experimental

El experimento se realizó durante un año en el Sitio Experimental de Tizimín (INIFAP), ubicado en el Km 14 carretera Tizimín – Colonia Yucatán, del municipio de Tizimín, Yucatán, México; a los 21° 09' 29" latitud norte y 88° 10' 21" longitud oeste y una altitud de 14 msnm, durante el periodo junio 2011 a febrero de 2012.

Climate and edaphic characteristics

The zone presents an Aw1 climate, according to Köppen classification, with an average annual precipitation of 1200 mm, 75 % of precipitations concentrate from June to October (García, 1987). Average annual temperature is 27 °C, May being the hottest month (maximum 39 °C and minimum 21.5 °C) and the coldest month is December (maximum 28.5 °C and minimum 17.3 °C). Relative humidity varies from 68.5 % in April to 86.3 % in September. The predominant soil of this zone is Litosol (Chich'luum – Mayan nomenclature) with an average fertility of 1.5-1.9 % of organic carbon and a PH of 6.7 to 7.3, shallow with rock areas and not very fertile (Bautista *et al.*, 2005).

Experimental procedure and measurements

Experimental area has use history as cutting system and forage carrying area, which has operated since three years before this study. The cuttings made were total, in which most part of the foliar biomass was removed (>90 % of foliage), four times a year (two cuttings in dry season and two in rainy season). Standardization cutting was made in June 2011, according to the corresponding treatments. Measurements were made with a frequency of 45 and 60 days (level A) according to the other corresponding factor (level B), meaning 40, 80 and 120 cm height. Evaluated variables were: yield of dry matter (DM) and total protein (TP) ($t\ ha^{-1}\ cutting^{-1}$); plant height (cm) measured with graduated ruler from soil level to the apex of the apical branch and relation leaf-stem. 24 experimental parcels of 4 x 5 m (20 m²) with a useful area of 12 m² were used, with a separation of 1 m between rows and 0.5 m between plants, having a density of 20.000 plants ha⁻¹. Each parcel consisted of 6 rows and nine lines of plants (54), where only four rows and seven lines are considered as useful parcel, a total of 28 plants for their quantification (green forage yield ha⁻¹), under complete competence criteria. Forage yield was quantified in each cutting (kg DM ha⁻¹) by sample taking of foliage of approximately 300 g. After, they were separated in components (leaf and stem) and dried at 60 °C in a forced air oven until constant weight was obtained to determine the yield in dry base. In addition, dry samples were processed with a Willey mill with a 1 mm sieve to determine the content of crude protein through the Kjeldhal method (AOAC, 1995). Two weedings were made per year and support irrigation was applied in dry season twice a week.

Características climáticas y edáficas

La zona presenta un clima Aw1, según la clasificación de Köppen con una precipitación promedio anual de 1200 mm, concentrándose de junio a octubre el 75 % de las precipitaciones (García, 1987). La temperatura media anual es de 27 °C, siendo el mes de mayo el más caluroso (máximas de 39 °C y mínimas de 21.5 °C) y el mes más frío es diciembre (máxima de 28.5 °C y una mínima de 17.3 °C). La humedad relativa varía de 68.5 % en el mes de abril a 86.3 %, en el mes de septiembre. El suelo predominante de esta zona es Litosol (Chich'luum –nomenclatura maya-) con una fertilidad media con 1.5-1.9 % de carbono orgánico y un pH de 6.7 a 7.3, poco profundo con áreas rocosas y relativamente poco fértil (Bautista *et al.*, 2005).

Procedimiento experimental y mediciones

El área experimental tiene una historia de uso como sistema de corte y acarreo de forraje, el cual ha operado desde tres años antes del presente estudio. Las podas que se realizaron fueron totales, en las que se removió la mayor parte de la biomasa foliar (>90 % del follaje), cuatro veces al año (dos podas en época seca y dos en época de lluvias). El corte de uniformización se realizó en junio de 2011 de acuerdo a los tratamientos correspondientes. Las mediciones se realizaron con una frecuencia de 45 y 60 días (nivel A) de acuerdo al otro factor (nivel B) correspondiente es decir a 40, 80 y 120 cm de altura. Las variables evaluadas fueron: rendimiento de materia seca (MS) y proteína total (PT) ($t\ ha^{-1}\ corte^{-1}$); altura de la planta (cm) medida con regla graduada desde el nivel del suelo hasta el ápice de la rama apical y relación hoja-tallo. Se utilizaron 24 parcelas experimentales de 4 x 5 m (20 m²) con área útil de 12 m², con una separación de 1 m entre hileras y de 0.5 m entre plantas, teniendo una densidad de 20.000 plantas ha⁻¹. Cada parcela constó de seis hileras y nueve filas de plantas (54), donde solamente cuatro hileras y siete filas se consideraron como parcela útil, dando un total de 28 plantas para su cuantificación (rendimiento de forraje verde ha⁻¹), bajo el criterio de competencia completa. En cada corte se cuantificó el rendimiento de forraje (kg MS ha⁻¹) mediante la toma de muestras de follaje de aproximadamente 300 g. Posteriormente, se separaron en componentes (hoja y tallo) y se secaron a 60 °C en una estufa de circulación de aire forzado, hasta obtener un peso constante para determinar el rendimiento en base seca. Así mismo, las muestras secas se procesaron a través de un molino tipo Willey con criba de 1 mm para posteriormente determinar el contenido de proteína cruda a través del método de Kjeldhal (AOAC, 1995). Se realizaron dos deshierbes al año y se aplicó riego de auxilio en la época seca dos veces por semana.

Experimental design and statistical analysis

A randomized experimental design was used, in a factorial arrangement 2 x 3 where level A corresponds to two cutting intervals (45 and 60 days) and level B at three cutting heights (40, 80 and 120 cm) to obtain six treatments with four replicas each. T1) 45 days at 40 cm, T2) 45 days at 80 cm, T3) 45 days at 120 cm, T4) 60 days at 40 cm, T5) 60 days at 80 cm, T6) 60 days at 120 cm. Results were subject to a variance analysis for repeated measures using the program Statgraphics® for Windows version 5.1. When significant differences presented, the Tukey comparison test was applied at 5 % error Type I.

Results and Discussion

Significant differences were found ($p < 0.05$) among treatments (2 intervals and 3 cutting heights) in the yield of DM and TP (Table 1, Figure 1). In the 60 day period and 40 cm height at cutting, it was observed *M. oleifera* obtained the highest yields of DM ($1.912 \text{ t ha}^{-1} \text{ cutting}^{-1}$) and TP ($0.416 \text{ t ha}^{-1} \text{ cutting}^{-1}$), compared with the other treatments that oscillate, in the case of DM, between 0.705 and 1.610, and in TP between 0.156 and 0.332, $\text{t ha}^{-1} \text{ cutting}^{-1}$, respectively. These results coincide with the general idea, but not concluding, that at a higher cutting interval, the content of DM is increased (Reyes, 2006). For instance, Reyes *et al.*, (2006) correlated the DM yield of *M. oleifera* with planting densities and cutting intervals, finding the highest yield of DM at 75 days.

In contrast, data from our investigation do not assemble the general knowledge that at higher cutting height, higher DM yield. This is evident in Table 2, where average yield of forage, when performing the first multiple comparison between intervals and heights at the end of the the experiment ($p < 0.05$), in four times of measuring, in which better response is observed in plants with 40 cm height ($1.446 \text{ t MS ha}^{-1} \text{ cutting}^{-1}$). Therefore, it can be established that our DM yielding data are similar with those obtained by Petit *et al.*, (2010), who at a recent work performed in Yucatán found an average yielding forage of 1.2 t MS ha^{-1} in monoculture of moringa and by the ones found by Castellon and Gonzalez (1996), in two prunings in Nicaragua (1.265 and $2.327 \text{ t MS ha}^{-1} \text{ cutting}^{-1}$). It would be convenient to include a posterior

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, en un arreglo factorial 2 x 3 donde el nivel A corresponde a los dos intervalos de corte (45 y 60 días) y el nivel B a las tres alturas de corte (40, 80 y 120 cm) para obtener seis tratamientos con cuatro réplicas cada uno. T1) 45 días a 40 cm, T2) 45 días a 80 cm, T3) 45 días a 120 cm, T4) 60 días 40 cm, T5) 60 días a 80 cm, T6) 60 días a 120 cm. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza para medidas repetidas con el programa Statgraphics® para Windows versión 5.1. Cuando se presentaron diferencias significativas se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey al 5 % de error Tipo I.

Resultados y Discusión

Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos (2 intervalos y 3 alturas de corte) en el rendimiento de MS y PT (Tabla 1, Figura 1). En el periodo de 60 días y 40 cm de altura al corte, se observó que *M. oleifera* obtuvo los más altos rendimientos de MS ($1.912 \text{ t ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$) y PT ($0.416 \text{ t ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$), comparado con los demás tratamientos que oscilan, en el caso de la MS entre 0.705 y 1.610 y en la PT entre 0.156 y 0.332, $\text{t ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$, respectivamente. 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, 2006). Por ejemplo, Reyes *et al.*, (2006), correlacionaron el rendimiento de MS de *M. oleifera* con densidades de siembra e intervalos de corte, encontrando el más alto rendimiento de MS a los 75 días.

En contraparte, los datos de nuestra investigación no se asemejan al conocimiento generalizado de que a mayor altura de corte, el rendimiento de MS debe ser mayor. Esto es evidente, en la Tabla 2 donde se muestra el rendimiento promedio de forraje, al realizar la comparación múltiple entre intervalos y alturas al corte del experimento ($p < 0.05$), en cuatro ocasiones de medición, en la cual se observa mejor respuesta en las plantas con 40 cm de altura ($1.446 \text{ t MS ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$). Por lo tanto, se puede establecer que nuestros datos de rendimiento de MS son similares a los obtenidos por Petit *et al.*, (2010), quienes, en un trabajo reciente realizado en Yucatán encontraron un rendimiento promedio de forraje de 1.2 t MS ha^{-1} en un monocultivo de moringa y por los encontrados por Castellón y González (1996), en dos podas en Nicaragua (1.265 y $2.327 \text{ t MS ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$). Sería conveniente incluir un estudio posterior sobre el efecto de la

study on the effect of sowing density over the DM yield of these species under proper conditions in East Yucatan to corroborate the results of this investigation (Gadzirayi *et al.*, 2013). On the other hand, no statistical differences were found ($p>0.05$) between the agronomic studied characteristics: plant height (cm), leaf-stem relation (%), crude protein (%) and dry matter (%). Nevertheless, our data, represented in Table 3, are superior to those found by Medina *et al.*, (2007), for example, at 60 days, average height of planta in this study was 1.80 m, in contrast with 1.53 m at the same time of cutting. Similarly, Petit *et al.*, (2010) found an average height of 1.0 m for moringa in their study in Yucatan. Finally, the average mean of dry matter for studied plants was 20.8 %.

densidad de siembra sobre el rendimiento de MS de esta especie en las condiciones propias del oriente de Yucatán para corroborar los resultados de la presente investigación (Gadzirayi *et al.*, 2013). Por otro lado, no se encontraron diferencias estadísticas ($p>0.05$) entre las características agronómicas estudiadas: altura de la planta (cm), relación hoja-tallo (%), proteína cruda (%) y materia seca (%). No obstante, nuestros datos, representados en la Tabla 3, son superiores a los encontrados por Medina *et al.*, (2007), por ejemplo, a los 60 días, la altura media de las plantas en el presente estudio fue de 1.80 m, en contraste con el 1.53 m al mismo tiempo de corte. Similarmente, Petit *et al.*, (2010), encontraron una altura promedio de 1.0 m para moringa en su estudio en Yucatán. Por último, la media general de materia seca para plantas estudiadas fue de 20.8 %.

Table 1.
Productivity of dry matter and total protein per cutting in *Moringa oleifera*
Tabla 1.
Productividad de materia seca y proteína total por corte en *Moringa oleifera*

Intervals and cutting heights	t MS ha ⁻¹ cutting ⁻¹	t MS ha ⁻¹ cutting ⁻¹
45 days at 40 cm	0.980 ^c	0.229 ^c
45 days at 80 cm	0.842 ^c	0.190 ^c
45 days at 120 cm	0.705 ^c	0.156 ^c
60 days at 40 cm	1.912 ^a	0.416 ^a
60 days at 80 cm	1.610 ^{ab}	0.332 ^{ab}
60 days at 120 cm	1.366 ^b	0.273 ^b

^{abc}Different literals per column are statistically different ($p<0.05$).

^{abc}Literales diferentes por columna son estadísticamente diferentes ($p<0.05$).

Table 2.
Dry matter yield per cutting in *Moringa oleifera*

Tabla 2.
Rendimiento de materia seca por corte en *Moringa oleifera*

A Factor	B Factor (45 days)	B Factor (60 days)	Mean
Height (cm)	t MS ha ⁻¹ cutting ⁻¹	t MS ha ⁻¹ cutting ⁻¹	t MS ha ⁻¹ cutting ⁻¹
40	0.980 ^c	1.912 ^a	1.446
80	0.842 ^c	1.610 ^{ab}	1.226
120	0.705 ^c	1.366 ^a	1.035
Mean	0.842	1.629	1.236

^{abc}Different literals per column are statistically different ($p<0.05$).

^{abc}Literales diferentes por columna son estadísticamente diferentes ($p<0.05$).

Table 3.
Production of percentages of dry matter and crude protein, plants height and leaf: stem relation (%) per cutting in *Moringa oleifera*

Tabla 3.
Producción de porcentajes de materia seca y proteína cruda, alturas de las plantas y relación hoja: tallo (%) por corte en *Moringa oleifera*

Treatment	DM (%)	CP (%)	Heights (m)	Leaf:Stem (%)
45 days at 40 cm	20.08	23.35	1.18	49.5 : 50.5
45 days at 80 cm	21.55	22.60	1.69	46.3 : 53.7
45 days at 120 cm	22.60	22.00	1.77	51.9 : 48.1
60 days at 40 cm	20.05	21.75	1.66	57.1 : 42.9
60 days at 80 cm	20.49	20.65	1.76	48.7 : 51.3
60 days at 120 cm	20.96	20.00	1.99	52.5 : 47.5
General mean	20.8	21.72	1.67	51.0 : 49.0

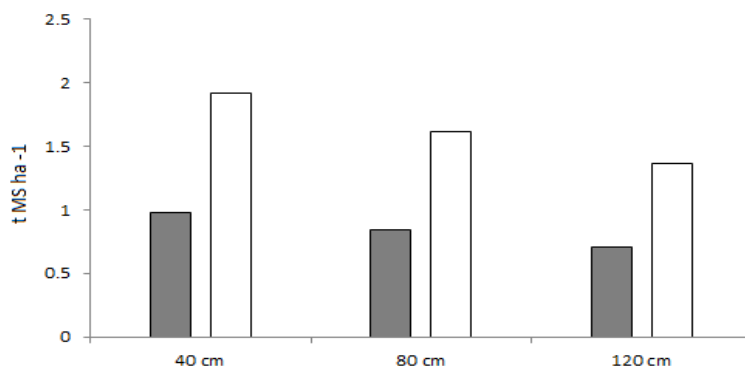


Figure 1. Dry matter yield by cutting in *Moringa oleifera* (gray bars: cutting at 45 days and white bars: cutting at 60 days).

Figura 1. Rendimiento de materia seca por corte en *Moringa oleifera* (barras grises: corte a 45 días y barras blancas: corte a 60 días).

Conclusions

In the evaluation of *Moringa oleifera* it was found that the best yield is obtained when the cuttings in the plants are made every 60 days at a 40 cm height (1.9119 t MS ha⁻¹ cutting⁻¹); however, more agronomic studies of this plant are recommended in West Yucatan, such as: plantation density, arrangement, association with other shrubs in the region, rainy and dry seasons, in order to obtain a more viable and profitable option of the forage productivity of this plant.

Conclusiones

En la evaluación de la *Moringa oleifera* se encontró que el mejor rendimiento en este trabajo, se obtiene cuando los cortes en las plantas se realizan cada 60 días a una altura de 40 cm (1.9119 t MS ha⁻¹ corte⁻¹), sin embargo, se recomiendan más estudios agronómicos de esta planta en el oriente de Yucatán, como son: 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.

References

- AOAC. Official Methods of Analysis. 1995. Association Official Agricultural Chemists. 16 Edition. Washington DC. <http://www.worldcat.org/title/official-methods-of-analysis-of-aoac-international/oclc/421897987>
- Arias, A.R. 2007. Alternativas de producción ganadera amigables con el medio ambiente. Manejo silvopastoril o Foresto ganadero. Producción y manejo de pasturas. Especialista en Sistemas Silvopastoriles, Guatemala. www.produccion-animal.com, 9. http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/manejo%20silvopastoril/75-produccion.pdf
- Bautista, F. D., Palma, L. and Huchín, M.W. 2005. Actualización de la clasificación de los suelos del estado de Yucatán. En: Caracterización y Manejo de los Suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones Agropecuarias, Forestales y Ambientales. F. Bautista y G. Palacio (eds.). Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán. Yucatán, México, 105-122 pp. http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=462
- Castellón, C. and González, C.H. 1996. Utilización del Marango (*Moringa oleifera*) en la alimentación de novillos en crecimiento bajo régimen de estabulación. Tesis de Maestría. Universidad Centroamericana. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Nicaragua.
- Chicowo, R., Mapfumo, P., Leffelaar, P.A. and Giller, K.E. 2006. Integrating legumes to improve N cycling on smallholder farms in sub-humid Zimbabwe: resource quality, biophysical and environmental limitations. *Nutrient Cycling in Agroecosystem* 76: 219-231. http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-5760-1_20#page-2
- FAO. 2007. Ganadería y deforestación. Política Pecuaría 03. Subdirección de información ganadera y de análisis y política del sector. México. Dirección de producción animal. 8 pp. <http://www.fao.org/3/a-a0262s.pdf>
- Gadzirayi, C.T., Kubiku, F.M.N., Mupangwa, J.F., Mujuru, L. and Chikuvire, T.J. 2013. The effect of plant spacing and cutting interval on growth of *Moringa oleifera*. *Journal of Agricultural Science and Application* 131-136. <http://www.vkingpub.com/VkUpload/201406161116156156.pdf>
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4ª. ed. México, D. F.: UNAM. 130 pp.
- García, E.D., Medina, G.M., Domínguez, C., Baldizán, A., Humbría, J. and Cova, L. 2006. Evaluación química de especies no leguminosas con potencial forrajero en el estado de Trujillo Venezuela. *Zootecnia tropical* 24-36.
- Izaguirre, F. and Martínez, T. 2008. El uso de árboles multipropósito como alternativa para la producción animal sostenible. *Tecnología en Marcha* 21: 2-40. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835697>
- Medina, G.M., García, E.D., Clavero, T. and Iglesias, J.M. 2007. Estudio comparativo de *Moringa oleifera* y *Leucaena leucocephala* durante la germinación y la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia tropical* 25-41. http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/ZootecniaTropical/zt2404/pdf/garcia_d.pdf
- National Academic of Sciences. 1979. Tropical legumes: resources for the future. Washington D.C. USA: *National Academy of Sciences* 331.
- Palm, C.A. 1995. Contribution of agroforestry trees to nutrient requirements of intercropped plants. *Agroforestry systems* 30: 105-124. http://www.planta.cn/forum/files_planta/fulltext_199.pdf
- Petit, A.J., Casanova, L.F. and Solorio, S.F. 2010. Rendimiento de forraje de *Leucaena Leucocephala*, *Guazuma Ulmifolia* y *Moringa Oleifera* asociadas y en monocultivo en un banco de forraje. *Revista Forestal Venezolana*, 54 (12): 161-167. http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/32522/1/art4_judithpetit.pdf
- Reyes Sanchez, N., Ledin, S. and Ledin, I. 2006. Biomass production and chemical composition of *Moringa oleifera* under different management regimes in Nicaragua. *Agroforestry Systems* 66: 231-242. http://www.formad-environment.org/9-Moringa_Sanchez_2006_BiomassProduction_nicaraya.pdf
- Reyes Sanchez, N. 2006. *Moringa oleifera* and *Cratylia argentea*: Potencial fodder species for ruminants in Nicaragua, Doctoral Thesis No 2001: 1.
- Sileshi, G. and Mafongoya, P.I. 2007. Quantity and quality of organic inputs from coppicing leguminous trees influence abundance of soil macrofauna in maize crops in eastern Zambia. *Biology Fertility Soils* 43: 333-340. http://www.researchgate.net/publication/225362539_Quantity_and_quality_of_organic_inputs_from_coppicing_leguminous_trees_influence_abundance_of_soil_macrofauna_in_maize_crops_in_eastern_Zambia
- Solorio, S.F.J. 2005. Soil fertility and nutrient cycling in pure and mixed fodder bank systems using leguminous and non/leguminous shrubs. (PhD Thesis) Edinburgh, Scotland: Institute of Atmospheric and Environment Science.

Cite this paper/Como citar este artículo: Ramos-Trejo O., Castillo-Huchín J., 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>

