

## ARTÍCULO CIENTÍFICO

## Respuesta de *Moringa oleifera* Lam a estrategias de fertilización en suelo Ferralítico rojo lixiviado

### *Response of Moringa oleifera Lam to fertilization strategies on lixiviated Ferralitic Red soil*

Carlos Enrique González-González y Gustavo Jacinto Crespo-López

Instituto de Ciencia Animal, Apdo. postal 24, San José de Las Lajas, CP 32 700, Mayabeque, Cuba  
Correo electrónico: carlosg@ica.co.cu

**RESUMEN:** Con el objetivo de conocer el efecto de la fertilización órgano-mineral en el comportamiento productivo de la moringa, en un suelo Ferralítico rojo lixiviado éutrico, se evaluaron, los siguientes tratamientos:  $T_0$  = testigo absoluto;  $T_1$  = 0,6 t ha<sup>-1</sup> de fertilizante 9:9:12 (54 kg N, 54 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 72 kg K<sub>2</sub>O) en la siembra y 130 kg ha<sup>-1</sup> de urea (61 kg N) por corte de forraje;  $T_2$  = mezcla de 0,3 t ha<sup>-1</sup> de la fórmula 9:9:12 (27 kg N, 27 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 36 kg K<sub>2</sub>O) con 4 t ha<sup>-1</sup> de estiércol vacuno en la siembra y mezcla de 65 kg de urea (30 kg N) con 2 t ha<sup>-1</sup> de estiércol vacuno por corte; y  $T_3$  = 8 t ha<sup>-1</sup> de estiércol vacuno en la siembra y 4 t ha<sup>-1</sup> de estiércol vacuno por corte. El diseño fue de bloques al azar con cinco réplicas. Los resultados de los cinco cortes indicaron respuesta a las tres variantes de fertilización; se destacó la combinación órgano-mineral ( $T_2$ ), que produjo el mayor rendimiento de materia seca total (20,11 t ha<sup>-1</sup>), seguido de la variante mineral (14,29 t ha<sup>-1</sup>) y la orgánica (13,46 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>). El testigo solo rindió 10,57 t ha<sup>-1</sup>. El rendimiento anual de masa seca de hojas tuvo un comportamiento similar, con el mejor valor en  $T_2$  (11,34 t ha<sup>-1</sup>). Se concluye que en similares condiciones edafoclimáticas se deben emplear variantes de fertilización órgano-mineral para mejorar el rendimiento y la calidad del forraje de esta planta.

*Palabras clave:* aplicación de abonos, biomasa, estiércol, hojas.

**ABSTRACT:** In order to know the effect of organic-mineral fertilization on the productive performance of drumstick tree, on a eutric lixiviated Ferralitic Red soil, the following treatments were evaluated:  $T_0$  = absolute control;  $T_1$  = 0,6 t ha<sup>-1</sup> of fertilizer 9:9:12 (54 kg N, 54 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 72 kg K<sub>2</sub>O) at planting and 130 kg ha<sup>-1</sup> of urea (61 kg N) per forage cutting;  $T_2$  = mixture of 0,3 t ha<sup>-1</sup> of the formula 9:9:12 (27 kg N, 27 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 36 kg K<sub>2</sub>O) with 4 t ha<sup>-1</sup> of cattle manure at planting and mixture of 65 kg of urea (30 kg N) with 2 t ha<sup>-1</sup> of cattle manure per cutting; and  $T_3$  = 8 t ha<sup>-1</sup> of cattle manure at planting and 4 t ha<sup>-1</sup> of cattle manure per cutting. The design was randomized blocks with five replications. The results of the five cuttings indicated response to the three fertilization variants; the organic-mineral combination ( $T_2$ ) stood out, producing the highest yield of total dry matter (20,11 t ha<sup>-1</sup>), followed by the mineral variant (14,29 t ha<sup>-1</sup>) and the organic one (13,46 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>). The control only yielded 10,57 t ha<sup>-1</sup>. The annual dry matter yield of leaves had a similar performance, with the best value in  $T_2$  (11,34 t ha<sup>-1</sup>). It is concluded that under similar edaphoclimatic conditions variants of organic-mineral fertilization can be used to improve the forage yield and quality of this plant.

*Keywords:* fertilizer application, biomass, manure, leaves

## INTRODUCCIÓN

*Moringa oleifera* (moringa) es una especie arbórea recientemente evaluada en Cuba para la alimentación animal, debido a que su follaje constituye una fuente rica en proteína verdadera con baja presencia de factores antinutricionales (Cohen-Zinder *et al.*, 2016). La producción de cantidades suficientes de biomasa con adecuada calidad nutricional

para la suplementación de dietas fibrosas a base de gramíneas depende de factores de manejo como la densidad de siembra, la frecuencia e intensidad de los cortes y la fertilización.

En este sentido, los altos rendimientos de biomasa total (27-99 t/ha/año) con cortes cada 45 días han estado asociados a la aplicación de altas cargas de fertilizantes nitrogenados (Mendieta-Araica *et al.*,

2013) y/o al mantenimiento de altas poblaciones, de hasta un millón de plantas por hectárea (Foidl *et al.*, 1999); lo cual dificulta las labores de cultivo e incide negativamente en la disponibilidad de nutrientes en el suelo, especialmente cuando no se dispone de suficiente fertilizante nitrogenado para reponer las cantidades que se extraen anualmente. Por tal motivo, resulta conveniente prolongar los periodos de cosecha, teniendo en cuenta que las plantas necesitan recuperarse del estrés inducido por el corte y reponer las reservas necesarias para el rebrote; pero sin comprometer drásticamente la calidad del forraje cosechado. En las condiciones edafoclimáticas de Cuba, se ha demostrado que con intervalos de corte cada 80-85 días es posible la recuperación de las plantas (González, 2013).

Por otra parte, el limitado acceso a los fertilizantes minerales impone la adopción de técnicas de fertilización que combinen fuentes orgánicas e inorgánicas. Es conocido que los materiales orgánicos actúan sobre la fertilidad del suelo, mediante el suministro de nutrientes y la regulación de la mineralización/inmovilización; asimismo, son fuente de energía para la actividad microbiana y precursores de la materia orgánica del suelo. El reto principal está en combinar fuentes orgánicas de diferente calidad con fertilizantes inorgánicos que optimicen la disponibilidad de nutrientes para la planta (Crespo, 2014); por lo que se realizó un experimento con el objetivo de estudiar el efecto de diferentes alternativas de fertilización en la producción de biomasa de la moringa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La siembra se realizó en agosto de 2013, en la Estación Experimental Miguel Sistachs Naya, del Instituto de Ciencia Animal (San José de las Lajas, provincia Mayabeque, Cuba); la cual está situada entre los 22°53' N y 82°02' O y a 80 msnm, en un suelo Ferralítico Rojo lixiviado éutrico (Hernández *et al.*, 1999). Se realizó una preparación convencional del suelo, consistente en aradura –mediante un tractor Belarus de 60 Hp, con arado de disco ADIS 3– y cruce con pases alternos de grada media; los canteros se marcaron con un rotovator. Se sembró en canteros de 1 x 10 m, con lo que se logró una población final de 20 000 plantas ha<sup>-1</sup> de *M. oleifera*, procedente de Nicaragua. El primer corte se realizó a los 100 días después de la siembra, en noviembre. Posteriormente se efectuaron cortes cada 85 días (cuatro en total). No se utilizó riego.

Se empleó un diseño de bloques al azar con cinco réplicas y los tratamientos fueron:

T0 = control.

T1 = 0,6 t ha<sup>-1</sup> de fertilizante fórmula 9-9-12 (54 kg N, 54 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 72 kg K<sub>2</sub>O) en la siembra y 130 kg ha<sup>-1</sup> de urea por corte, para una dosis de N total de 300 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

T2 = mezcla de 0,3 t ha<sup>-1</sup> de fórmula (27 kg N, 27 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 36 kg K<sub>2</sub>O) con 4 t de estiércol vacuno ha<sup>-1</sup> en la siembra y mezcla de 65 kg de urea con 2 t de estiércol vacuno ha<sup>-1</sup> por corte, para una dosis de N total de 300 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

T3 = 8 t ha<sup>-1</sup> de estiércol vacuno en la siembra y 4 t ha<sup>-1</sup> de estiércol vacuno por corte, para una dosis de N total de 180 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

Para estimar la dosis total de nitrógeno, se consideró un contenido de 1,5 % de N en el estiércol vacuno seco en estufa; de la cantidad de N aplicada el 50 % fue aprovechada por la planta en el primer año como N asimilable (Crespo, 2014).

En cada corte se determinó el peso verde de todo el material cosechado, a una altura de 30 cm por encima del nivel del suelo, en cada parcela. Se separaron y pesaron las fracciones hojas y tallos de cinco plantas por parcela, y se secaron a 60 °C hasta alcanzar peso constante, en una estufa de circulación de aire libre; después se midió el peso seco de las hojas y los tallos. Con estos indicadores se estimó el rendimiento de materia seca de la planta íntegra y de las hojas.

En la figura 1 se presenta el comportamiento mensual de las precipitaciones y la temperatura ambiente durante el periodo experimental (agosto 2013-octubre 2014). La temperatura se mantuvo por encima de la media histórica en todo el periodo, y las mayores diferencias ocurrieron en febrero, agosto, septiembre y octubre de 2014. Las precipitaciones acumuladas fueron similares a la media histórica (1 860 vs. 1 942 mm) y se mantuvo la misma distribución mensual, aunque se debe destacar la intensa sequía que ocurrió en enero, abril y mayo.

El análisis químico del suelo al inicio del experimento mostró alto contenido de P (6,65 mg 100 g<sup>-1</sup>), alto contenido de Ca (6,55 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) y bajo contenido de Mg (1,73 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) y de MO (2,91%). El pH del suelo fue ligeramente ácido (pH KCl = 5,35).

Se realizaron las pruebas de Shapiro y Wilk (1965) y de Levene (1960) para verificar los supuestos de normalidad y homogeneidad de los residuos, respectivamente. Se utilizó la dócima de (Duncan, 1955) para la comparación de medias. El análisis se efectuó con el paquete estadístico Infostat versión 2008, elaborado por Di Rienzo *et al.* (2008).

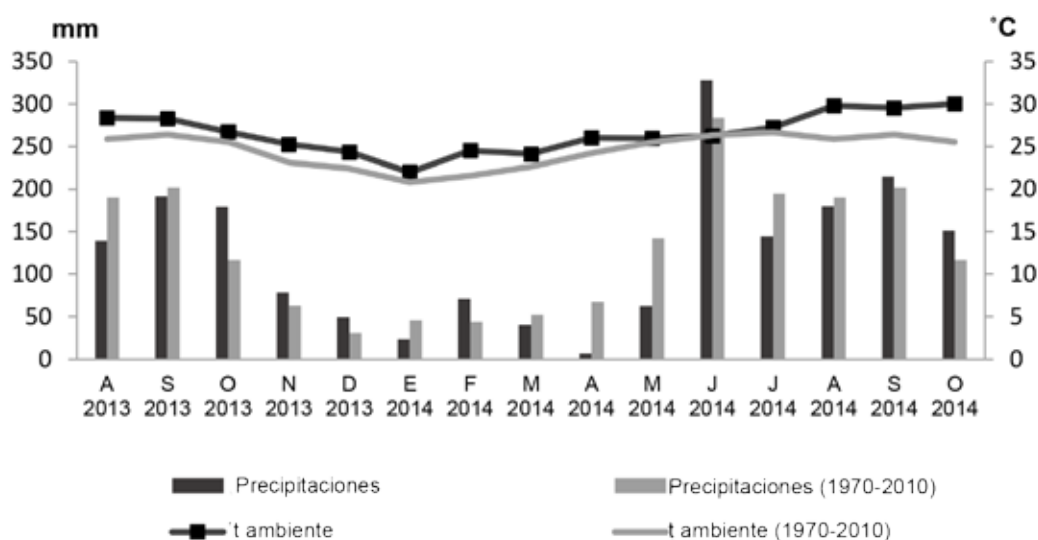


Figura 1. Comportamiento mensual de las precipitaciones y la temperatura ambiente durante el periodo experimental. Comparación con la media histórica 1970-2010.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En general, todos los tratamientos de fertilización favorecieron la producción de biomasa de la planta íntegra en los cortes de noviembre, febrero, mayo y octubre (tabla 1), lo que evidenció la deficiencia de nitrógeno asimilable en el suelo. El rendimiento de masa seca en el primer corte en los cuatro tratamientos fue inferior al reportado por Lok y Suárez (2014): entre 5,51 y 6,61 t ha<sup>-1</sup>, en un estudio en el que se cosechó el forraje a los 60 días después de la siembra, pero con poblaciones entre 600 000 y 920 000 plantas ha<sup>-1</sup>, superiores a las de este experimento (20 000 plantas ha<sup>-1</sup>).

La ausencia de riego durante el periodo de establecimiento pudo haber sido también la causa de tal comportamiento. Al respecto, Larwanou *et al.* (2014) plantearon que el régimen de riego se correlaciona más fuertemente con los indicadores de crecimiento y desarrollo de esta especie que la

fertilización, durante las fases tempranas del establecimiento.

El rendimiento en los tratamientos con fertilización, en el primer corte, sugiere la necesidad de estudiar la aplicación de dosis de N mayores; en este sentido, Lok y Suárez (2014) obtuvieron rendimientos de masa seca de hasta 6 t ha<sup>-1</sup> cuando aplicaron 100 kg de N ha<sup>-1</sup> en la siembra, en condiciones similares.

En los cortes de julio y octubre, la combinación órgano-mineral produjo el mayor rendimiento de materia seca, y ello sugiere que ambas fuentes presentan efectos aditivos en la disponibilidad de nutrientes en el suelo. El rendimiento de masa seca en estos dos cortes superó al hallado por Padilla *et al.* (2014), que, en condiciones edafoclimáticas similares, no sobrepasó las 3 t ha<sup>-1</sup> por corte, lo cual se debió a la aplicación de intervalos de cosecha más cortos (de 45 a 60 días) y a la ausencia de fertilización.

Tabla 1. Efecto de la fertilización en el rendimiento de materia seca (t ha<sup>-1</sup>) en cada corte.

Tratamiento	Noviembre	Febrero	Mayo	Julio	Octubre
Control	1,49 <sup>c</sup>	0,64 <sup>b</sup>	0,43 <sup>b</sup>	3,97 <sup>b</sup>	4,04 <sup>c</sup>
Mineral	3,46 <sup>b</sup>	0,94 <sup>a</sup>	1,53 <sup>a</sup>	2,95 <sup>c</sup>	5,42 <sup>b</sup>
Órgano-mineral	3,78 <sup>a</sup>	0,94 <sup>a</sup>	1,81 <sup>a</sup>	7,2 <sup>a</sup>	6,39 <sup>a</sup>
Orgánico	3,43 <sup>b</sup>	1,05 <sup>0</sup>	1,63 <sup>a</sup>	3,69 <sup>b</sup>	3,66 <sup>d</sup>
EE ±	0,08	0,08	0,09	0,10	0,10

Medias con letras no comunes indican diferencias significativas a  $p < 0,05$  (Duncan, 1955).

Por otra parte, no se apreciaron diferencias entre los tratamientos de fertilización en los cortes de febrero y mayo cuando ocurrieron periodos de intensa sequía, lo que afectó la asimilación de nutrientes por las plantas.

En términos generales, con la fertilización órgano-mineral se obtuvieron los mayores rendimientos de hojas en todos los cortes (tabla 2), que se mantuvieron en el rango de 0,5 a 3 t ha<sup>-1</sup>; ello coincide con lo reportado por Mendieta-Araica *et al.* (2013) cuando aplicaron dosis de 261 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. No obstante, la respuesta a este tratamiento durante los cortes de febrero y mayo fue superior a la obtenida por dichos autores en las cosechas del periodo seco, lo cual pudo estar ocasionado por el manejo con cortes intensivos (cada 45 días) durante todo el año. Por otra parte, se ha demostrado que es posible obtener hasta 3 t ha<sup>-1</sup> en uno de los cortes del periodo seco y 6 t ha<sup>-1</sup> en el periodo lluvioso, al aplicar una dosis total de 521 kg N ha<sup>-1</sup> con cortes cada 45 días (Mendieta-Araica *et al.*, 2013), aunque se debe tener en cuenta que esto ocurre cuando se logra mantener una población de 125 000 plantas ha<sup>-1</sup>.

En la tabla 3 se muestra el rendimiento anual de materia seca de la planta íntegra y de las hojas en cada tratamiento.

Con la combinación órgano-mineral, fue posible producir 9,54 t ha<sup>-1</sup> de masa seca de planta ínte-

gra y 6,52 t ha<sup>-1</sup> de hojas más que en el control sin fertilizar, lo cual sugiere que ambas fuentes presentaron efectos aditivos beneficiosos. Esta respuesta es la esperada pues los efectos de las enmiendas orgánicas son más duraderos que los de la fertilización mineral, porque suministran carbono, nitrógeno y energía para el crecimiento y la reproducción de los microorganismos del suelo (Larney y Angers, 2012). Al respecto, Guo *et al.* (2016) plantearon que la aplicación de variantes de fertilización órgano-mineral aumenta la biomasa microbiana, así como la actividad y la disponibilidad de carbono y de nutrientes en el suelo.

La producción de hojas fue similar a la obtenida por Mendieta-Araica *et al.* (2013) cuando aplicaron una dosis anual de 261 kg de N ha<sup>-1</sup>; ello sugiere que es posible mantener adecuados volúmenes de biomasa foliar en condiciones de baja población, si se prolongan los periodos de cosecha y se combinan fuentes nutricionales orgánicas y minerales.

No obstante, la estrategia de fertilización empleada es factible de mejorar, pues se ha demostrado que es posible alcanzar una producción anual de 27 t ha<sup>-1</sup> de masa seca de planta íntegra y 19,2 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de hojas, con la aplicación de 521 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y cortes cada 45 días (Mendieta-Araica *et al.*, 2013). De acuerdo con este resultado es necesario que las formulaciones de las variantes de fertilización órga-

Tabla 2. Efecto de la fertilización en el rendimiento de hojas (t ha<sup>-1</sup>) en cada corte.

Tratamiento	Noviembre	Febrero	Mayo	Julio	Octubre
Control	0,88 <sup>b</sup>	0,34 <sup>b</sup>	0,27 <sup>c</sup>	1,68 <sup>cb</sup>	1,65 <sup>c</sup>
Mineral	2,33 <sup>a</sup>	0,6 <sup>ab</sup>	1,28 <sup>b</sup>	1,57 <sup>c</sup>	2,04 <sup>b</sup>
Órgano-mineral	2,51 <sup>a</sup>	0,65 <sup>a</sup>	1,55 <sup>a</sup>	3,35 <sup>a</sup>	3,29 <sup>a</sup>
Orgánico	2,39 <sup>a</sup>	0,59 <sup>ab</sup>	1,24 <sup>b</sup>	1,97 <sup>b</sup>	1,99 <sup>b</sup>
EE ±	0,09	0,09	0,06	0,09	0,10

Medias con letras no comunes indican diferencias entre tratamientos a  $p < 0,05$  (Duncan, 1955).

Tabla 3. Rendimiento anual de materia seca de la planta íntegra y de las hojas.

Tratamientos	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento hojas (t ha <sup>-1</sup> )
Control	10,57 <sup>c</sup>	4,82 <sup>c</sup>
Mineral	14,29 <sup>b</sup>	7,81 <sup>b</sup>
Órgano-mineral	20,11 <sup>a</sup>	11,34 <sup>a</sup>
Orgánico	13,46 <sup>b</sup>	8,19 <sup>cb</sup>
EE ±	0,41 <sup>***</sup>	0,41 <sup>***</sup>

Medias con letras no comunes indican diferencias significativas a  $p < 0,05$  (Duncan, 1955). \*\*\* $p < 0,001$ .

no-mineral contengan dosis óptimas de los nutrientes para lograr una mejor estabilidad en la fertilidad del suelo y en la producción de forraje (Heinrichs *et al.*, 2012).

Se concluye que la aplicación conjunta de 0,3 t ha<sup>-1</sup> de fórmula completa con 4 t de estiércol vacuno ha<sup>-1</sup> en la siembra y la mezcla de 65 kg de urea con 2 t de estiércol vacuno ha<sup>-1</sup> después de cada corte incrementó la producción de biomasa foliar y de la planta íntegra, en las condiciones edafoclimáticas en que se desarrolló el experimento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cohen-Zinder, M.; Leibovich, H.; Vaknin, Y.; Sagi, G.; Shabtay, A.; Ben-Meir, Y. *et al.* Effect of feeding lactating cows with ensiled mixture of *Moringa oleifera*, wheat hay and molasses, on digestibility and efficiency of milk production. *Anim. Feed Sci. Technol.* 211:75-83, 2016.
- Crespo, G. Fuentes orgánicas y órgano-minerales para la nutrición de las plantas. Perspectivas. *Memorias XIX Congreso Científico Internacional INCA*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. [CD-ROM], 2014.
- Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; Gonzalez, L.; Tablada, M. & Robledo, C. W. *InfoStat, versión 2008*. Argentina: Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. 2008.
- Duncan, D. B. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*. 11 (1):1-42, 1955.
- Foidl, N.; Makkar, H. P. S. & Becker, K. Utilización del marango (*Moringa oleifera*) como forraje fresco para el ganado. *Conferencia Electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la Producción Animal en América Latina*. Roma: FAO, 1999.
- González, C. E. Determinación del momento óptimo para el corte de forraje de *Moringa oleifera* cv. supergenius en el periodo lluvioso. *Memorias del IV Congreso de Producción Animal Tropical*. San José de Las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2013.
- Guo, L.; Wu, G.; Li, Y.; Li, C.; Liu, W.; Meng, J. *et al.* Effects of cattle manure compost combined with chemical fertilizer on topsoil organic matter, bulk density and earthworm activity in a wheat-maize rotation system in Eastern China. *Soil and Tillage Research*. 156:140-147, 2016.
- Heinrichs, R.; Filho, C. V.; Crociolli, C. A. & Rodrigues, T. A. Doses e fontes nitrogenadas e seus efeitos nos atributos químicos do solo e na produção de forragem da *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés. *Ciências Agrárias, Londrina*. 33 (5):1745-1754, 2012.
- Hernández, A.; Pérez, J. M.; Bosch, D. & Rivero, L. *Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba*. La Habana: AGRINFOR, 1999.
- Larney, F. J. & Angers, D. A. The role of organic amendments in soil reclamation: A review. *Can. J. Soil Sci.* 92 (1):19-38, 2012.
- Larwanou, M.; Adamou, M. M. & Abasse, T. Effects of fertilization and watering regimes on early growth and leaf biomass production for two food tree species in the Sahel: *Moringa oleifera* Lam. and *Adansonia digitata* L. *J. Agric. Sci. Appl.* 3 (4):187-201, 2014.
- Levene, H. Robust tests for equality of variances. In: I. Olkin, ed. *Contributions to probability and statistics*. Palo Alto, CA, USA: Stanford University Press. p. 278-292, 1960.
- Lok, Sandra & Suárez, Y. Effect of fertilizers on the biomass production of *Moringa oleifera* and on some soil indicators during the establishment. *Cuban J. Agric. Sci.* 48 (4):399, 2014.
- Mendieta-Araica, B.; Spornly, E.; Reyes-Sánchez, N.; Salmerón-Miranda, F. & Halling, M. Biomass production and chemical composition of *Moringa oleifera* under different planting densities and levels of nitrogen fertilization. *Agroforest Syst.* 87 (1):81-92, 2013.
- Padilla, C.; Fraga, N.; Scull, I.; Tuero, R. & Sarduy, L. Effect of cut height on indicators of forage production of *Moringa oleifera* cv. Plain. *Cuban J. Agric. Sci.* 48 (4):405-409, 2014.
- Shapiro, S. S. & Wilk, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*. 52 (3-4):591-611, 1965.

Recibido el 29 de marzo del 2016

Aceptado el 8 de junio del 2016