



Cuban Journal of Agricultural Science

ISSN: 2079-3472

Ediciones ICA

Méndez, Y.; Suárez, F.O.; Verdecia, D.M.; Herrera, R.S.; Labrada, J.A.; Murillo, B.; Ramírez, J.L.
Bromatological characterization of *Moringa oleifera* foliage in different development stages
Cuban Journal of Agricultural Science, vol. 52, no. 3, 2018, July-September, pp. 337-346
Ediciones ICA

Available in: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193060480011>

- How to cite
- Complete issue
- More information about this article
- Journal's webpage in redalyc.org

UAEM  redalyc.org

Scientific Information System Redalyc

Network of Scientific Journals from Latin America and the Caribbean, Spain and Portugal

Project academic non-profit, developed under the open access initiative

Bromatological characterization of *Moringa oleifera* foliage in different development stages

Caracterización bromatológica del follaje de *Moringa oleifera* en diferentes estadios de desarrollo

Y. Méndez¹, F.O. Suárez², D.M. Verdecia², R.S. Herrera³, J.A. Labrada², B. Murillo⁴
and J.L. Ramírez²

¹Facultad Ciencias Pecuarias, Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Quevedo, Los Ríos, Ecuador

²Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Granma, Apartado Postal 21, Bayamo, C.P. 85 100, Granma, Cuba

³Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

⁴Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, Baja California Sur, México

Email: dverdeciaa@udg.co.cu

Using a random block design with four replications, the effect of regrowth age (60, 90, 120, 150 and 180 days) on the bromatological composition of *Moringa oleifera* foliage was evaluated in both seasons. The sampling took place in plots of 0.5 ha, to which a uniformity cut of one meter above the soil, without irrigation or fertilization, was applied. Contents of dry matter, crude protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, acid detergent lignin, cellulose, hemicellulose, cellular content, P, Ca, ashes and organic matter were determined. An analysis of variance according to the experimental design was applied. Crude protein decreased with age in both seasons, showing significant differences among all ages. The best values were obtained at 60 days of regrowth (22.79 and 24.05 % in rainy and dry periods, respectively). A similar performance was demonstrated by dry matter digestibility, metabolizable energy and total digestible nutrients, while neutral detergent fiber increase with age with the highest values at 180 days (34.41 and 31.97 % in rainy and dry periods, respectively). It was evident that with the increase of plant maturity, there is a decrease of its nutritional quality, mainly due to the increase of neutral detergent fiber and acid detergent lignin, and decrease of crude protein, dry matter digestibility and total digestible nutrients, among other aspects. It is suggested to study lower regrowth ages, as well as biomass yields and secondary metabolites.

Keywords: *bromatology, moringa regrowth age, digestibility, energy*

Mediante un diseño bloque al azar con cuatro replicas se evaluó el efecto de la edad de rebrote (60, 90, 120, 150 y 180 días) en la composición bromatológica del follaje de *Moringa oleifera* en ambos periodos estacionales del año. Se muestreó en parcelas de 0.5 ha, a la cual se aplicó un corte de uniformidad a un metro del suelo, sin riego, ni fertilización. Se determinaron los contenidos de MS, PB, FDN, FDA, LAD, celulosa (CEL), hemicelulosa (HCEL), contenido celular (CC), P, Ca, ceniza y MO. Se aplicó análisis de varianza según diseño experimental. La proteína bruta disminuyó con la edad para ambos periodos, mostrando diferencias significativas entre todas las edades. Los mejores valores se obtuvieron a los 60 días de rebrote (22.79 y 24.05 % en los periodos lluvioso y poco lluvioso, respectivamente); similar comportamiento presentó la DMS, EM y TND, mientras que la FDN aumentó con la edad con los mayores valores a los 180 días (34.41 y 31.97 % en los periodos lluvioso y poco lluvioso, respectivamente). Se evidenció que en la medida que se incrementa la madurez de la planta disminuye su calidad nutritiva determinado, principalmente, por el aumento de la FDN y LAD, y disminución de la PB, DMS y TDN, entre otros aspectos. Se sugiere estudiar menores edades de rebrote, así como los rendimientos de biomasa y metabolitos secundarios.

Palabras clave: *bromatología, edad de rebrote moringa, digestibilidad, energía*

Demographic predictions have shown a population increase during the last 20 years that lead to a worsening of food situation due to the low availability of nutrients, specially protein, and the non-equal distribution as a consequence of globalization (Jarquín *et al.* 2013). With the addition of energy scarcity and environmental contamination, it will not be promising the heritage of the future generations. With these antecedents, it will be necessary to face the world of tomorrow (Verdecia *et al.* 2014a).

In tropical countries like Cuba, with reduced grain and cereal productions, the search of feeding strategies for cattle with local and regional resources, and agroindustrial by-products, constitutes one of the main aspects of its cattle rearing system, and in the degree of independence and competitiveness it may reach (Peraza *et al.* 2015). Limited amounts and high prices of raw matters rich in energy and protein, as

Las predicciones demográficas muestran un crecimiento poblacional en los últimos 20 años que conlleva al agravamiento de la situación alimentaria, debido a la poca disponibilidad de nutrientes en especial de proteína y la distribución no equitativa como consecuencia de la globalización (Jarquín *et al.* 2013). Si a lo anterior se le adiciona la escasez de energía y la contaminación del medio ambiente, no será halagadora la herencia que recibirán las generaciones futuras. Con estos antecedentes será necesario enfrentar el mundo del mañana (Verdecia *et al.* 2014a).

En los países tropicales como Cuba, con reducidas producciones de granos y cereales, la búsqueda de estrategias de alimentación del ganado con recursos locales, regionales y subproductos agroindustriales, constituye uno de los rasgos esenciales en la piedra angular de su panorama pecuario, y en el grado de independencia y competitividad que este pueda alcanzar (Peraza *et al.* 2015). Las limitadas cantidades

well as their competitive and efficient use, leave no other way for the future than to increase the efforts on local production of alternative feeding sources (Almeida 2015), so it assures the productive potential of animals in tropical areas (Bustamante *et al.* 2016).

Due to feeding deficit and global economic crisis, Latin American countries had to search for other feeding strategies to increase animal production in tropical areas through the supply of other protein and mineral sources to cattle, which generally are limited in conventional feeds and do not compete with human food (Díaz 2014 and Friedrich 2014).

In this sense, biomass of trees, shrubs and legumes have a leading role because of their considerable indicators of protein and acceptable nutritional value (Bustamante *et al.* 2015). Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of regrowth age on the bromatological composition of *Moringa oleifera* foliage in both seasons in the east of Cuba.

Materials and Methods

Research area, climate and soil. The study was developed in the farm La Victoria, located in the Consejo Popular Barranca of Bayamo municipality, Cuba, between 2013 and 2014. Two seasons were considered: rainy (May-October) and dry (November-April).

During the rainy period, rains were 731.4 mm. Mean, minimum and maximum temperature registered values of 26.73, 22.31 and 33.92 °C, respectively and relative humidity was 80.78, 51.02 and 96.22 %, for mean, minimum and maximum, respectively. In the dry period, precipitations reached values of 270 mm, temperature was 24.05, 18.29 and 31.58 °C for mean, minimum and maximum, respectively, and minimum, mean and maximum relative humidity with values of 76.21, 44.16 and 97.03 %, respectively.

The soil of the area was red ferrallitic (Hernández *et al.* 1999), with pH of 5.2. Content of P₂O₅, K₂O and total N was 2.2, 31.39 and 3 (mg/100g of soil), respectively with 2.8 % of organic matter (Dirección Provincial de Suelos y Fertilizantes de Granma 2007).

Treatment and experimental design. A random block design was used with four replications and treatments were regrowth ages of 60, 90, 120, 150 and 180 days.

Proceedings. After the establishment period, areas had a 98 % of moringa. At the beginning of each season, a homogeneity cut was performed at 1 m over the soil level. From that moment, samplings were carried out according to treatments in 10 random plants in each plot of 5000 m², removing the border effect. Samples were manually separated in leaves, petioles and stems with a diameter lower than 2 cm.

Determination of chemical composition. Dry matter

y altos precios de las materias primas ricas en energía y proteínas, así como su uso eficiente y competitivo, no dejan otro camino para el futuro que acentuar los esfuerzos en la producción local de las fuentes alimenticias alternas (Almeida 2015), de manera que se asegure la manifestación del potencial productivo de los animales en el trópico (Bustamante *et al.* 2016).

Debido al déficit alimentario y la crisis económica mundial, los países latinoamericanos han tenido que incursionar en otras estrategias de alimentación para incrementar la producción animal en el trópico, mediante el suministro al ganado de otras fuentes de proteínas y minerales, que en general, se encuentran de forma limitada en los alimentos convencionales y que no compiten con la alimentación humana (Díaz 2014 y Friedrich 2014).

En este sentido, la biomasa de los árboles, arbustos y leguminosas tienen protagónico papel por sus considerables tenores de proteína y aceptable valor nutritivo (Bustamante *et al.* 2015). De ahí que el objetivo de este trabajo fue evaluar efecto de la edad de rebrote en la composición bromatológica del follaje de *Moringa oleifera* en ambos períodos estacionales del año en el este de Cuba.

Materiales y Métodos

Área de la investigación, clima y suelo. El estudio se desarrolló en la finca La Victoria ubicada en el Consejo Popular Barranca del Municipio Bayamo, Cuba, durante el período comprendido entre 2013 y 2014. Se consideraron dos períodos estacionales, el lluvioso (mayo-octubre) y poco lluvioso (noviembre-abril).

Durante el período lluvioso las precipitaciones fueron de 731,4 mm; la temperatura media, mínima y máxima registró valores de 26.73, 22.31 y 33.92 °C, respectivamente y la humedad relativa fue de 80.78, 51.02 y 96.22 %, para la media, mínima y máxima, respectivamente. En el poco lluvioso las precipitaciones alcanzaron valores de 270 mm; la temperatura fue de 24.05, 18.29 y 31.58 °C para la media, mínima y máxima, respectivamente y la humedad relativa mínima, media y máxima con promedios de 76.21, 44.16 y 97.03 %, respectivamente.

El suelo presente en el área fue ferralítico rojo (Hernández *et al.* 1999), con pH de 5.2. El contenido de P₂O₅, K₂O y N total fue de 2.2, 31.39 y 3 (mg/100g de suelo), respectivamente con 2.8 % de materia orgánica (Dirección Provincial de Suelos y Fertilizantes de Granma 2007).

Tratamiento y diseño experimental. Se empleó un diseño en bloques al azar con cuatro réplicas y los tratamientos fueron las edades de rebrote de 60, 90, 120, 150 y 180 días.

Procedimientos. Después de la etapa de establecimiento, las áreas tenían 98 % de población de Moringa. Al inicio de cada período estacional se realizó un corte de homogeneidad a 1 m sobre el nivel del suelo. A partir de ahí los muestreos se realizaron de acuerdo con los tratamientos en 10 plantas al azar en cada parcela de 5000 m² eliminando el efecto de borde. Las muestras se separaron de forma manual en hojas peciolas y tallos

(DM), crude protein (CP), ashes, organic matter (OM), P, Ca, and Mg, according to AOAC (2000), and NDF, ADF, LAD, cellulose (Cel), hemicellulose (Hcel) and cellular content (CC) according Goering and Van Soest (1970). Dry matter digestibility was quantified through Aumont *et al.* (1995). Metabolizable energy was established regarding Cáceres and González (2000) and total digestible nutrients according the stated by Martín (1998). All the analysis was conducted by duplicate and by replication.

Statistical analysis and calculation. The analysis of variance was performed according to the experimental design and also linear regression between some indicators and regrowth age (Balzarini *et al.* 2010) and mean values were compared through multiple range test of Duncan (1955). For normal distribution of data, Kolmogorov-Smirnov (Massey 1951) test was used and Bartlett (1937) test was used for variance.

Results

Related to chemical composition during rainy period (table 1), DM, NDF, ADF, LAD, Cel, Hcel, CC, Ca, Mg and ash were increased with age, with values of 8.26, 18.62, 17.81, 12.98, 17.10, 11.82, 0.87, 0.10 and 12.61 percentile units, respectively. CP, CC and OM decreased in 8.99, 18.62 and 3.85 percentile unit, respectively. There were significant differences ($P < 0.05$) among the studied ages for each of the indicators, except for phosphorus.

con diámetro inferior a 2 cm.

Determinación de la composición química. Se determinaron: MS, PB, ceniza, MO, P, Ca, y Mg de acuerdo con la AOAC (2000); la FDN, FDA, LAD, celulosa (Cel), hemicelulosa (Hcel) y contenido celular (CC) según Goering y Van Soest (1970); la digestibilidad de la materia seca se cuantificó mediante Aumont *et al.* (1995); la energía metabolizable se estableció según Cáceres y González (2000) y el total de nutrientes digestible de acuerdo con lo descrito por Martín (1998). Todos los análisis se realizaron por duplicado y por réplica.

Análisis estadístico y cálculos. Se realizó análisis de varianza de acuerdo con el diseño experimental y de regresión lineal entre algunos indicadores y la edad de rebrote (Balzarini *et al.* 2010) y los valores medios se compararon mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan (1955). Para la distribución normal de los datos se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Massey 1951) y para las varianzas la prueba de Bartlett (1937).

Resultados

En relación con la composición química durante el periodo lluvioso (tabla 1) la materia seca, FDN, FDA, LAD, CEL, HCEL, CC, calcio, magnesio y ceniza se incrementaron con la edad, con valores de 8.26, 18.62, 17.81, 12.98, 17.10, 11.82, 0.87, 0.10 y 12.61 unidades porcentuales, respectivamente; mientras que la PB, CC y MO disminuyeron en 8.99, 18.62 y 3.85 unidades porcentuales, respectivamente. Hubo

Table1. Chemical composition *Moringa oleifera* foliage during rainy period.

Indicator (%)	Age. days					SE±	P
	60	90	120	150	180		
DM	16.77 ^e	18.84 ^d	20.95 ^c	23.09 ^b	25.03 ^a	0.67	0.0004
CP	22.79 ^a	21.04 ^b	19.17 ^c	16.97 ^d	13.80 ^e	0.72	0.001
NDF	35.74 ^e	39.22 ^d	43.65 ^c	48.21 ^b	54.36 ^a	1.23	0.0008
ADF	18.61 ^e	22.28 ^d	27.64 ^c	31.29 ^b	36.42 ^a	0.99	0.0002
LAD	5.96 ^e	10.04 ^d	13.29 ^c	16.62 ^b	18.94 ^a	1.65	0.0003
Cel	12.11 ^e	16.61 ^d	20.43 ^c	25.36 ^b	29.21 ^a	0.80	0.00018
Hcel	7.61 ^e	11.42 ^d	14.26 ^c	16.62 ^b	19.44 ^a	1.23	0.0006
CC	64.26 ^a	60.78 ^b	56.35 ^c	51.79 ^d	45.64 ^e	0.19	0.00046
Ca	1.78 ^c	1.92 ^{bc}	2.17 ^b	2.30 ^{ab}	2.65 ^a	0.07	0.0039
P	0.39	0.41	0.42	0.47	0.48	0.01	0.597
Mg	0.24 ^b	0.27 ^{ab}	0.28 ^{ab}	0.33 ^a	0.34 ^a	0.01	0.0068
Ashes	12.42 ^e	14.36 ^d	17.29 ^c	19.23 ^b	25.03 ^a	0.83	0.0009
OM	88.17 ^a	86.29 ^b	82.86 ^c	80.75 ^d	77.32 ^e	0.89	0.00011

^{abcde} Different letters in the same line differ for $P < 0.05$ (Duncan 1955)

In dry period (table 2), there was a similar performance to that registered during rainy period, with increase of DM, NDF, ADF, LAD, Cel, Hcel and ash of 8.06, 18.96, 19.3, 12.62, 17.38, 11.02 and 10.34 percentile units, respectively. CP, CC and OM decreased in 8.92, 18.96 and 12.47 percentile units, respectively. Minerals (Ca, P and Mg) maintained a

diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las edades en estudio para cada uno de los indicadores, excepto para el fósforo.

En el periodo poco lluvioso (tabla 2) se mantuvo similar comportamiento al registrado en el periodo lluvioso con incremento de la materia seca, FDN, FDA, LAD, CEL, HCEL y ceniza de 8.06, 18.96, 19.3, 12.62, 17.38, 11.02

Table 2. Chemical composition *Moringa oleifera* foliage during dry period

Indicator (%)	Age. days					SE±	P
	60	90	120	150	180		
DM	19.80 ^c	20.89 ^c	23.32 ^b	24.98 ^b	27.86 ^a	0.67	0.0018
CP	24.05 ^a	21.99 ^b	19.81 ^c	17.76 ^d	15.13 ^e	0.72	0.0001
NDF	39.28 ^e	44.26 ^d	47.66 ^c	53.22 ^b	58.24 ^a	1.25	0.00012
ADF	22.54 ^e	26.43 ^d	33.26 ^c	37.24 ^b	41.84 ^a	0.54	0.00016
LAD	7.02 ^e	11.32 ^d	15.26 ^c	17.28 ^b	19.64 ^a	1.53	0.0002
Cel	15.29 ^e	17.74 ^d	21.06 ^c	26.42 ^b	32.67 ^a	0.94	0.00024
Hcel	9.42 ^e	11.28 ^d	15.26 ^c	17.39 ^b	20.44 ^a	1.16	0.00019
CC	60.72 ^a	55.74 ^b	52.34 ^c	46.78 ^d	41.76 ^e	0.25	0.00002
Ca	1.52 ^c	1.76 ^{bc}	1.71 ^{bc}	2.03 ^b	2.49 ^a	0.08	0.0037
P	0.41 ^c	0.44 ^c	0.50 ^{ab}	0.54 ^a	0.49 ^b	0.01	0.0098
Mg	0.30 ^b	0.34 ^{ab}	0.29 ^b	0.38 ^a	0.39 ^a	0.01	0.0087
Ashes	10.44 ^e	12.42 ^d	15.38 ^c	18.04 ^b	20.78 ^a	0.85	0.0004
OM	84.69 ^a	81.59 ^b	79.21 ^c	75.88 ^d	72.22 ^e	1.00	0.00016

^{abcde} Different letters in the same line differ for $p < 0.05$ (Duncan 1955)

variable performance, although there was a tendency to increase with age.

In both seasons, dry matter digestibility decreased ($P < 0.05$) with the increase of age, being 6.62 and 6.61 percentile units in rainy and dry period, respectively (figure 1).

Total digestible nutrients and metabolizable energy of *Moringa oleifera* foliage decreased ($P < 0.001$) with regrowth age in both seasons, with a decrease of

y 10.34 unidades porcentuales, respectivamente y decrecieron en 8.92, 18.96 y 12.47 unidades porcentuales la PB, CC y la MO, respectivamente. Los minerales (Ca, P y Mg) mantuvieron variable comportamiento, aunque se apreció tendencia a incrementarse con la edad.

En ambos periodos estacionales la digestibilidad de la materia seca disminuyó ($P < 0.05$) con el incremento de la edad, siendo este de 6.62 y 6.61 unidades porcentuales en el período lluvioso y poco lluvioso, respectivamente

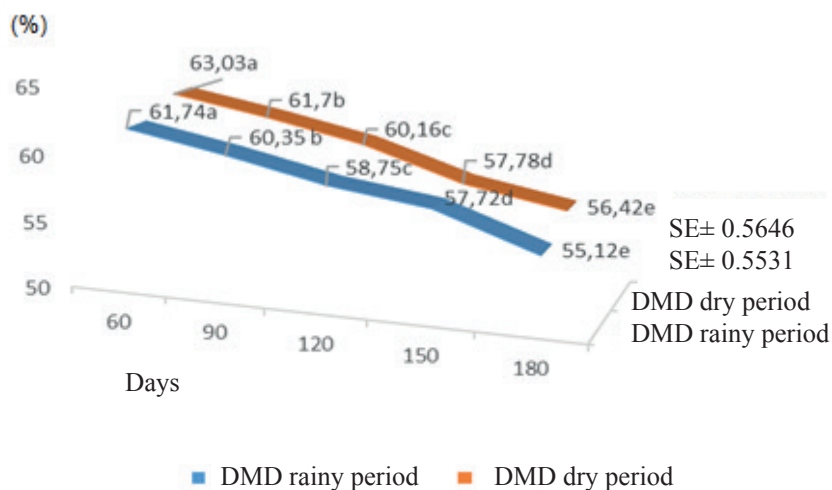


Figure 1. Dry matter digestibility of *Moringa oleifera* foliage in both seasons

6.47 and 6.48 g/kg DM and 1.25 and 1.26 MJ/kg DM of metabolizable energy for dry and rainy periods, respectively (figures 2 and 3).

Table 3 shows equations of linear regression among dry matter digestibility, total digestible nutrients and metabolizable energy, and regrowth age in both seasons. In all cases, the slope was negative and determination coefficient was high with high precision ($P < 0.001$).

(figure 1).

El total de nutrientes digestibles y la energía metabolizable del follaje de *Moringa oleifera* disminuyeron ($P < 0.001$) con la edad de rebrote en ambos periodos estacionales decreciendo en 6.47 y 6.48 g/kg MS y en 1.25 y 1.26 MJ/kg MS de energía metabolizable para los periodos poco lluvioso y lluvioso, respectivamente (figuras 2 y 3).

En la tabla 3 se presentan las ecuaciones de regresión

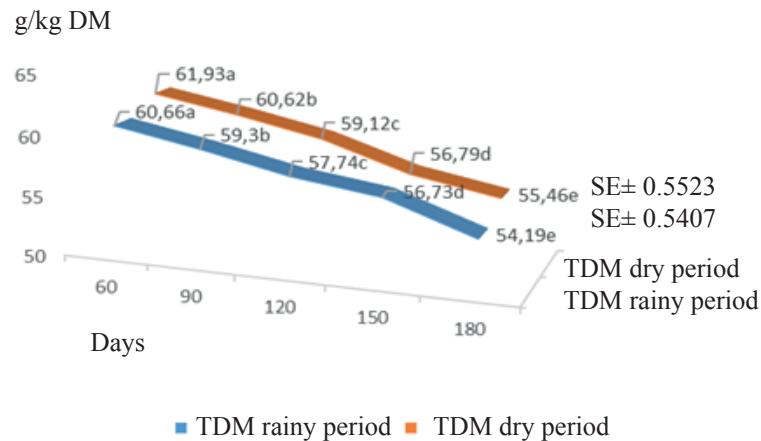
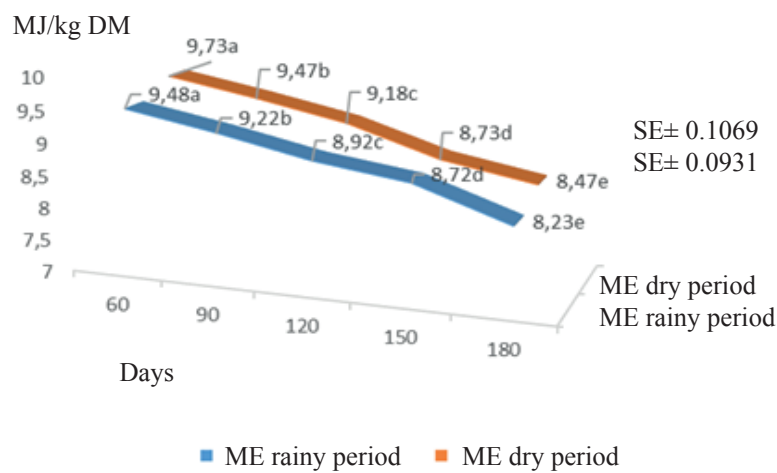
Figure 2. Total digestible nutrients of *Moringa oleifera* nutrients in both seasonsFigure 3. Metabolizable energy of *Moringa oleifera* foliage in both seasons

Tabla 3. Equations of linear regression among dry matter digestibility, total digestible nutrients and metabolizable energy, and regrowth age del moringa forage

Period	Equation	R ²	P
Dry matter digestibility			
Dry	Y= 64.96 -1.71X	0.99	0.001
Rainy	Y= 63.49 -1.59X	0.98	0.001
Total digestible nutrients			
Dry	Y= 63.81 -1.68X	0.99	0.001
Rainy	Y= 62.38 -1.55X	0.98	0.001
Metabolizable energy			
Dry	Y= 10.09 -0.33X	0.99	0.001
Rainy	Y= 09.81 -0.30X	0.98	0.001

Discussion

Deterioration of cattle rearing needs profound transformations for its exploitation, based on agro-ecological concepts, where production systems are considered as an ecosystem and not as a simple technical and economic issue, so as its participants (plants, animals, soil, climate, humans and technologies) are synchronically bonded and allow its effective, efficient and productive use with positive economic, social and environmental results. This new vision requires

lineal entre la digestibilidad de la materia seca, total de nutrientes digeribles y la energía metabolizable y la edad de rebrote en ambos períodos estacionales. En todos los casos la pendiente fue negativa y el coeficiente de determinación fue elevado con alta precisión ($P<0.001$).

Discusión

El deterioro de la ganadería requiere de profundas transformaciones en su explotación, basadas en principios agroecológicos, donde los sistemas de producción se

the knowledge of laws that control the functioning of each element and processes of the system, with the objective of maximizing the energy flow and material recycling (Verdecia *et al.* 2014b and Velázquez-Zavala *et al.* 2016).

This principle was the base for the study of *Moringa oleifera*, which could be useful for feeding systems in Granma province, mainly because there is not enough information on its performance under the specific conditions of this region. Its leaves are eagerly consumed by any kind of animals like ruminants, camels, pigs, birds, even carps, tilapias and other herbivorous fish. Therefore, it is considered as one of the most complete forages, rich in protein, vitamin and minerals, and excellent palatability (Gutiérrez *et al.* 2015).

Dry matter increased with regrowth age due to, among other aspects, maturity degree of the plant and, consequently, the increase of its structural components. Several studies showed dry matter values of 19.1 %, similar to those found in this study at 60 days of age by Rodríguez *et al.* (2014), although the environmental conditions were different, which demonstrates a good adaptation of this species to different climate conditions (Verdecia *et al.* 2014b). Studies of Ríos (1999) showed values of dry matter similar to those found in this research at 180 days, although climate conditions were different (with temperatures of 26 °C and precipitations of 1400 mm).

Protein decreased with regrowth age and this could be related to the reduction of protein compound synthesis, to the decrease of leaf amounts, to the increase of stem fraction and to the increase structural carbohydrate synthesis (cellulose and hemicellulose), and it is important to highlight that values, in both periods, surpass 14 %. High content of CP, fragility of the cell wall of this species, especially at early ages, provide greater digestibility of dry matter and nitrogen (Pedraza *et al.* 2013).

CP concentration in the present study is in the range of values reported by Norton *et al.* (2000), García *et al.* (2009), Pinto-Ruiz *et al.* (2010), Rodríguez *et al.* (2014), Aye and Adegun (2013) and Caro *et al.* (2013) in *Moringa oleifera*, *Leucaena leucocephala*, *Trichantera gigantea*, *Tithonia diversifolia* and *Gliricidia sepium*.

These results coincide with the values observed in other studies on shrubs (Aye and Adegun 2013). However, it is important to consider that there is a wide variation of CP values reported in the literature, probably due to the effect of parts of collected plants, their phenological stage, season in which they were collected, frequency of cuts, management, climate and soil where the plants were developed, on the results (Edwards *et al.* 2012).

On the other hand, it would be important, not only

consideren como un ecosistema y no como una simple gestión técnico-económica, de tal forma que sus integrantes (plantas, animales, suelo, clima, hombre y tecnologías) estén entrelazados sincrónicamente y permitan su utilización efectiva, eficiente y productiva con resultados económicos, sociales y ambientales positivos. Esta nueva visión requiere del conocimiento de las leyes que rigen el funcionamiento de cada uno de los elementos y procesos que forman el sistema, con el propósito de maximizar el flujo de energía y el reciclaje de materiales (Verdecia *et al.* 2014b y Velázquez-Zavala *et al.* 2016).

Basado en este principio es que se estudió la *Moringa oleifera*, especie que pudiera ser de utilidad para los sistemas de alimentación de la provincia Granma, sobre todo porque no se dispone de suficiente información sobre su comportamiento en las condiciones específicas de esta región. Sus hojas son ávidamente consumidas por todo tipo de animales: rumiantes, camellos, cerdos, aves; incluso carpas, tilapias y otros peces herbívoros, por lo que se considera uno de los forrajes más completos, rico en proteína, vitaminas y minerales, y con excelente palatabilidad (Gutiérrez *et al.* 2015).

La materia seca aumentó con la edad de rebrote debido, entre otros aspectos, por el grado de madurez de la planta y con ello el incremento de sus componentes estructurales. Los estudios realizados mostraron valores de materia seca de 19.1 %, similares a los encontrados en esta investigación a la edad de 60 días por Rodríguez *et al.* (2014), aunque las condiciones ambientales fueron diferentes lo que demuestra buena adaptación de esta especie a las diferentes condiciones climáticas (Verdecia *et al.* 2014b). Los estudios de Ríos (1999) mostraron valores de materia seca similares a los encontrados en esta investigación a la edad de 180 días, aunque las condiciones climáticas (con temperaturas de 26 °C, precipitaciones de 1400 mm) fueron diferentes.

La proteína disminuyó con la edad de rebrote lo que puede estar relacionado con la reducción de la síntesis de compuestos proteicos, a la disminución de la cantidad de hojas, al aumento de la fracción tallo y al incremento de la síntesis de carbohidratos estructurales (celulosa y hemicelulosa), aunque es importante destacar que los valores en ambos periodos superaron 14 %. Los altos contenidos de PB, la fragilidad de la pared celular de esta especie, especialmente a edades tempranas, proporcionan mayor digestibilidad de la materia seca y del nitrógeno (Pedraza *et al.* 2013).

La concentración de PB en el presente estudio se encuentra en el rango de valores informados por Norton *et al.* (2000), García *et al.* (2009), Pinto-Ruiz *et al.* (2010), Rodríguez *et al.* (2014), Aye y Adegun (2013) y Caro *et al.* (2013) en *Moringa oleifera*, *Leucaena leucocephala*, *Trichantera gigantea*, *Tithonia diversifolia* y *Gliricidia sepium*.

Estos resultados coinciden con los valores observados en otros estudios en arbustivas (Aye y Adegun 2013). No obstante, es importante tener en cuenta que existe amplia variación en los valores de PB informados por

to know the content of CP since it is obtained from the product of total nitrogen determination by the 6.25 factor, but it is necessary to know the fractioning of this nitrogen by determining other nitrogenous forms such as NO_2 and NO_3 , among others, for the function they can perform in the nutrition of ruminant and monogastric animals.

The increase of the cell wall with age could be related to the physiological and anatomical changes that occur when the plant ages, which causes the decrease in the proportion of cytoplasmic content. Cellular lumen is reduced with its soluble components and the fibrous compounds are increased (Herrera and Ramos 2015). This is much more accentuated as yield increases, due to the water balance of the plant and the amount of nitrogen available in the soil, among other factors.

The values of fiber fraction components are related to the particularities of each species and the formation of the secondary structure of the cell wall of legumes. Both aspects are determined by genetic and environmental control (García *et al.* 2013).

This species showed variability in the mineral content. These results agree with those reported by Pérez *et al.* (2013) in *Gliricidia sepium*, *Tithonia diversifolia*, *Leucaena leucocephala* and *Epiphyllum hookeri* with values of Ca and P in the ranges of 1.45-2.8 % and 0.11 - 0.19 %, respectively. However, P tenors found in the present research are superior to those of these authors, because the experimental conditions were different, aspects that influence on the assimilation and distribution of nutrients in the different parts of the plants.

This performance is caused by the specific requirements of each species for the functioning of its metabolism, which is closely related to cropping conditions and the ability of plants to selectively adsorb certain cations present in the soil, as well as their availability (Verdecia 2015 and Herrera *et al.* 2017).

Mg indicators reported in the present research are inferior to those found by Juárez *et al.* (2013) in *M. alba* (0.47 %) and coincide with that reported in evaluations of tropical forages, trees, shrubs and legumes that serve to feed ruminants (Llanes *et al.* 2016). The reasons for these differences were previously explained.

Concentrations of ash are higher than those reported by Guzmán *et al.* (2015) in several species of the genera Abizia, Cassia, Pithecellobium and Moringa, who found values from 5 to 9 %. On the other hand, ash can be considered as an important indicator when providing an idea about the capacity of mineral absorption of the soil, as well as its content in the plant.

Although the OM content in this research was 84 %, it is considered high and coincides with that

la literatura, probablemente por el efecto que tienen en los resultados las partes de las plantas recolectadas, su estado fenológico, período del año en que se recolectó, frecuencia de cortes, manejo, clima y suelo donde se desarrollaron las plantas (Edwards *et al.* 2012).

Por otro lado, sería de importancia no solo conocer el contenido de PB ya que se obtiene del producto de la determinación del nitrógeno total por el factor 6,25; sino es preciso conocer el fraccionamiento de ese nitrógeno mediante la determinación de otras formas nitrogenadas como NO_2 y NO_3 , entre otras, por el papel que ellas pueden desempeñar en la nutrición de animales rumiantes y monogástricos.

El incremento de la pared celular con la edad pudiera estar relacionado con los cambios fisiológicos y anatómicos que ocurren al envejecer la planta, lo que provoca la disminución de la proporción del contenido citoplasmático; se reduce el lumen celular con sus componentes solubles y se incrementan los compuestos fibrosos (Herrera y Ramos 2015). Esto se acentúa mucho más al incrementarse el rendimiento, debido al balance hídrico de la planta y cantidad de nitrógeno disponible en el suelo, entre otros factores.

Los valores de los componentes de la fracción fibrosa están relacionados con las particularidades de cada especie y la formación de la estructura secundaria de la pared celular de las leguminosas, ambos aspectos están regidos por el control genético y ambiental (García *et al.* 2013).

Esta especie se caracterizó por presentar variabilidad en el contenido de los minerales. Estos resultados concuerdan con los reportados por Pérez *et al.* (2013) en *Gliricidia sepium*, *Tithonia diversifolia*, *Leucaena leucocephala* y *Epiphyllum hookeri* con valores de Ca y P en los rangos de 1.45-2.8% y 0.11 - 0.19 %, respectivamente pero los tenores de P encontrados en la presente investigación son superiores a los de estos autores, ya que las condiciones experimentales fueron diferentes, aspectos que influyen en la asimilación y distribución de los nutrientes en las diferentes partes de las plantas.

Este comportamiento se debe a los requerimientos específicos de cada especie para el funcionamiento de su metabolismo, aspecto que se encuentra estrechamente relacionado con las condiciones de cultivo y la capacidad que tienen las plantas para adsorber selectivamente determinados cationes presentes en el suelo, así como de su disponibilidad (Verdecia 2015 y Herrera *et al.* 2017).

Los tenores de Mg reportados en la presente investigación son inferiores a los encontrados por Juárez *et al.* (2013) en *M. alba* (0.47 %) y coinciden con lo informado en evaluaciones de forrajes tropicales, árboles, arbustos y leguminosas volubles, que sirven para la alimentación de los rumiantes (Llanes *et al.* 2016). Las razones de estas diferencias fueron explicadas con anterioridad.

Las concentraciones de ceniza son superiores a las reportadas por Guzmán *et al.* (2015) en varias especies de los géneros Abizia, Cassia, Pithecellobium y Moringa, quienes encontraron valores de 5 a 9%. Por otro lado,

indicated by Bugarín *et al.* (2009) in *L. glauca* and *C. ternatea*, while Rodríguez *et al.* (2014) obtained superior results in *Moringa oleifera* with 90 %.

On the other hand, Ramírez *et al.* (2002) stated that, depending on the type of tissue, as plant cell matures, the cell wall widens and, commonly, produces a secondary wall of different composition, with remarkable deposition of aromatic constituents, so that chemical and anatomical changes occur. This may correspond to the results obtained in the present research related to fiber fractions and their components.

The results of DM digestibility obtained in this research are superior to those achieved by Soto *et al.* (2009) in *T. diversifolia* at 70 and 140 days of regrowth with 57 and 48%, respectively. The difference could be attributed to the best leaf-stem ratio and the lowest lignin concentration in the stems. However, taking into account that digestibility of forages is influenced by a group of factors such as the characteristics of food and of animals, among others, it is important to elucidate the particularities of each species to rationally use the biomass they provide.

Tropical grasses in the growth first stages show a thin cell wall, with little fiber, that allows an easy rupture of the fiber structures and short times of digestion. When regrowth age of plants increases, vascular structures of leaves become thicker, as do the vascular tissue and the sclerenchyma. Both, leaves and stems, become gradually lignified and physically stronger and difficult to reduce in size, which could be different in shrub species (Medina *et al.* 2009).

Similar explanation could be valid for the total digestible nutrients and metabolizable energy. However, there are two known constituent groups in plants, which are cell content and cell wall. The first constitute of sugars, organic acids, nitrogenous substances and lipids, whose digestibility in ruminants is total (carbohydrates) or almost total (proteins and lipids). The second group is composed of polysaccharides, cellulose, hemicellulose and pectic substances that have variable digestibility (40-90%) and of lignin that is considered totally indigestible. Therefore, the final value of digestibility, total digestible nutrients and energy will depend on the balance of these two groups (Herrera 2008 and del Pozo *et al.* 2011). It should be added the influence of plant management, climate and the type of soil where it develops.

Linear regression equations among digestibility, energy and total digestible nutrients indicated the marked effect of regrowth age in this plant to present high coefficients of determination with high precision. In addition, the little variability of coefficients of expressions in both seasons was significant, as well

la ceniza se puede considerar como un indicador de importancia al facilitar una idea sobre la capacidad de absorción de minerales del suelo, así como su contenido en la planta.

Aunque el contenido de MO en esta investigación fue de 84 %, se considera alto y coincide con lo señalado por Bugarín *et al.* (2009) en *L. glauca* y *C. ternatea*, mientras que Rodríguez *et al.* (2014) obtuvo resultados superiores en *Moringa oleifera* con 90 %.

Por su parte, Ramírez *et al.* (2002) plantearon que en dependencia del tipo de tejido, en la medida que la célula de la planta madura, la pared celular se ensancha y, comúnmente, produce una pared secundaria de composición distinta, con notable deposición de constituyentes aromáticos, por lo que ocurren cambios químicos y anatómicos. Lo anterior pudiera corresponderse con los resultados aquí obtenidos relacionado con las fracciones fibrosas y sus componentes.

Los resultados de la digestibilidad de la MS obtenidos en la presente investigación son superiores a los alcanzados por Soto *et al.* (2009) en *T. diversifolia* a los 70 y 140 días de rebrote con 57 y 48 %, respectivamente. La diferencia se pudiera atribuir a la mejor relación hoja-tallo y la menor concentración de lignina en los tallos. Sin embargo, al tener en cuenta que la digestibilidad de los forrajes está influida por un grupo de factores como las características del alimento y de los animales, entre otros, es importante dilucidar las particularidades de cada especie para utilizar racionalmente la biomasa que aportan.

Los pastos tropicales en los primeros estadios de crecimiento presentan la pared celular delgada, con poca fibra, que permite la fácil ruptura de las estructuras fibrosas y tiempos cortos de digestión. Cuando se incrementa la edad de rebrote de las plantas las estructuras vasculares de las hojas se hacen más gruesas, al igual que el tejido vascular y el esclerénquima; tanto de las hojas como los tallos se van lignificando y se hacen físicamente más fuertes y difíciles de reducir en tamaño, cuestión que podría ser diferente en las especies arbustivas (Medina *et al.* 2009).

Similar explicación pudiera ser válida para el total de nutrientes digeribles y la energía metabolizable. No obstante, se conocen dos grupos constituyentes en las plantas, el contenido celular y la pared celular. El primero está conformado por los azúcares, ácidos orgánicos, sustancia nitrogenadas y lípidos, cuya digestibilidad en los rumiantes es total (glúcidos) o casi total (proteínas y lípidos). El segundo grupo está integrado por polisacáridos, celulosa, hemicelulosa y sustancias pécticas que poseen variable digestibilidad (40-90 %) y por la lignina que se considera totalmente indigestible. Por lo tanto, el valor final de la digestibilidad, el total de nutrientes digeribles y la energía dependerá del balance de estos dos grupo (Herrera 2008 y Del Pozo *et al.* 2011). A lo anterior se le debe sumar la influencia del manejo de la planta, el clima y el tipo de suelo donde se desarrolla.

Las ecuaciones de regresión lineal entre la digestibilidad, energía y total de nutrientes digestibles

as the similarity among slopes. This could indicate the favorable response of this plant to low rainfall during dry season and a priori be considered a plant with a certain tolerance to drought.

Conclusions

In *Moringa oleifera*, managed without irrigation or fertilization and with low values of precipitation, especially in the dry season, it was evident that as regrowth age of the plant increases, its nutritional quality is reduced, mainly by the increase of NDF, ADF and LAD, and decrease of CP, DMD, energy and TDN, among other aspects. It is suggested to study lower regrowth ages, as well as biomass yields, secondary metabolites and their possible tolerance to drought.

señalaron el marcado efecto de la edad de rebrote en esta planta al presentar altos coeficientes de determinación con elevada precisión. Además, fue significativo el hecho de la poca variabilidad de los coeficientes de las expresiones en ambos períodos estacionales, así como la similitud entre las pendientes. Esto pudiera indicar la respuesta favorable de esta planta a las bajas precipitaciones durante el período poco lluvioso y a priori ser considerada una planta con cierta tolerancia a la sequía.

Conclusiones

En la *Moringa oleifera*, manejada sin riego ni fertilización y con bajos valores de precipitación, en especial en el período poco lluvioso, se evidenció que en la medida que se incrementa la edad de rebrote de la planta disminuye su calidad nutritiva determinado, principalmente, por el aumento de la FDN, FDA y LAD, y disminución de la PB, DMS, energía y TDN, entre otros aspectos. Se sugiere estudiar menores edades de rebrote, así como los rendimientos de biomasa, metabolitos secundarios y su posible tolerancia a la sequía.

References

- Almeida, M. 2015. Indicadores morfofisiológicos y de salud en pollos de ceba colostomizados que consumen harina de forraje de moringa. MSc. Thesis, Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba.
- AOAC 2000. Official Methods of Analysis. 17 th Ed. Ass. Off. Anal. Chem. Washington, D.C. USA. 2:777-778.
- Aumont, G., Caudron, I., Saminadin, G. & Xandé, A. 1995. Sources of variation in nutritive values of tropical forages from the Caribbean. *Animal Feed Sci. Tech.* 51:1-13.
- Aye, P.A. & Adegun, M.K. 2013. Chemical composition and some functional properties of moringa, leucaena and gliricidia leaf meals. *Agric. and Biology J. North America.* 4:71-77.
- Balzarini, M. G., Casanoves, F., Di Rienzo, J. A. González, L. & Robledo, C. W. 2012. InfoStat. version 2012, [Windows], Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, Available: <<http://www.infostat.com.ar/>>.
- Bartlett, M. 1937. Properties of sufficiency and statistical tests. *Proceedings of the Royal Soc. London. Ser. A.* 160: 268-282.
- Bugarín, J., Lemnus, C., Sangines, L., Ramos, A., Soca, M. & Arece, J. 2009. Evaluación de dos especies de Leucaena, asociadas a *Brachiaria brizantha* y *Clitoria ternatea* en un sistema silvopastoril de Nayarit, México. II. Producción y composición bromatológica de la biomasa. *Pastos y Forrajes* 32:1-9.
- Bustamante, D., Caro, Y., Savón, L. & Elias, A. 2015. *Moringa oleifera*: propiedades físicas y químicas y su impacto en la fisiología digestiva de especies monogástricas. *Revista Computadorizada de Producción Porcina.* 22(2):82-85.
- Bustamante, D., Savón, L., Elias, A., Caro, Y., Sierra, F. & Almeida, M. 2016. Effect of Vitafer on the digestive use of nitrogen in roosters that consume *Moringa oleifera* forage meal. Technical note. *Cuban J. Agric. Sci.* 50(2): 273-278.
- Cáceres, O. & González, E. 2000. Metodología para la determinación del valor nutritivo de los forrajes tropicales. *Pastos y Forrajes* 23:87-121.
- Caro, Y., Bustamante, D., Dihigo, L.E. & Ly, J. 2013. Harina de forraje de moringa (*Moringa oleifera*) como ingrediente en dietas para conejos de engorde. *Revista Computadorizada de Producción Porcina.* 20 (4): 218-222.
- Del Pozo, P.P., Herrera, R.S. y Blanco, F. 2011. Bases ecofisiológicas del manejo de los pastos. In: Parte IV, Dinámica del pastizal. Andrés Voisin. Experiencias y aplicación de su obra en Cuba. Ed. Milagros Milera Rodríguez. p. 371-397.
- Díaz, T. 2014. Contribution of livestock production to food and nutritional security and to the reduction of poverty in Latin America and the Caribbean. *Cuban J. Agric. Sci.* 48:3-17.
- Dirección Provincial de Suelos y Fertilizantes de Granma 2007. Ministerio de la Agricultura. Granma, Cuba.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics* 11: 1-42.
- Edwards, A., Mlambo, V., Lallo, C.H.O. & Garcia, G.W. 2012. Yield, chemical composition and *in vitro* ruminal fermentation of the leaves of *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* and *Trichanthera gigantea* as influenced by harvesting frequency. *J. Anim. Sci. Adv. (Suppl. 3.2):* 321-328.
- Friedrich, T. 2014. Production of animal Feed. Current events and perspectives. *Cuban J. Agric.Sci.* 48:5-6.
- García, D.E., Medina, M.G., Moratinos, P., Cova, L.J., Torres, A., Santos, O. & Perdomo, D. 2009. Caracterización químico-nutricional de forrajes leguminosos y de otras familias botánicas empleando análisis descriptivo y multivariado. *Rev. Avances en Investigaciones Agropecuarias.* 13:25-39.
- García, P., Pabón, A., Arias, C. & Blair, S. 2013. Evaluación del efecto citotóxico y del daño genético de extractos estandarizados de *Solanum nudum* con actividad anti-Plasmodium. *Biomédicas* 33:78-87.
- Goering, M.K. & van Soest, P.J. 1970. Forage Fiber Analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications).

- Agricultural, USDA, Washington DC. 379 pp.
- Gutiérrez, D., Borjas, E., Rodríguez, R., Rodríguez, S., Stuart, R. & Sarduy, L. 2015. Evaluación de la composición química y degradabilidad ruminal *in situ* de ensilaje mixto con *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-169 y *Moringa oleifera*. Rev. Avances en Investigaciones Agropecuarias. 19(3): 7-16.
- Guzmán, S.H., Zamarripa, A. & Hernández, L.G. 2015. Calidad nutrimental y nutracéutico de hoja de moringa proveniente de árboles de diferente altura. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 6: 317-330.
- Hernández, A., Pérez, J.M. & Boch, D. 1999. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. AGROINFIR-MINAG. Ciudad de La Habana, Cuba. p. 64.
- Herrera, R.S. 2008. Principios básicos de Fisiología Vegetal. In: Pastos tropicales, principios generales, agrotecnia y producción de biomasa. ICA-FIRA, México, p.1-74.
- Herrera, R. S. & Ramos, N. 2015. Factores que influyen en la producción de biomasa y calidad. In: Producción de biomasa de variedades y clones de *Pennisetum purpureum* para la ganadería. p. 87-131. Capítulo VI. Ed. R. S. Herrera, EDICA, Mayabeque, Cuba.
- Herrera, R.S., Verdecia, D.M., Ramírez, J.L., García, M. & Cruz, A. M. 2017. Secondary metabolites of *Leucaena leucocephala*. Their relationship with some climate elements, different expressions of digestibility and primary metabolites. Cuban J. Agric. Sci. 51:107-116.
- Jarquín, J.A., Rocha, J.D., Rocha, L., Reyes-Sánchez, N. & Mendieta-Araica, B. 2013. Degradabilidad ruminal del follaje de *Moringa oleifera* a tres diferentes edades de rebrote. Revista Científica La Calera. 13(21):76-81.
- Juárez, A.S., Cerrillo, M. A., La O, O., Herrera, R.S., Scull, I., Guerrero, M. & Bernal, H. 2013. Valor nutricional y cinética de la fermentación ruminal de flores y frutos de árboles y arbustos de la cuenca del río Cauto, Cuba. Rev. Cubana Cienc. Agric. 47(1):37-43.
- Llanes, J.E., Toledo, J. & Sarduy, L. 2016. Evaluación de la harina de moringa (*Moringa oleifera* Lam) en *Clarias gariepinus*. Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras. 33(1): 53-58.
- Martín, P.C. 1998. Valor nutritivo de las gramíneas tropicales. Rev. Cubana Cienc. Agric. 32:1-9.
- Massey, F. J. 1951. The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. Journal of the American Statistical Association. 48. 68-78.
- Medina, M., García, D., González, M., Cova, L. & Moratinos, P. 2009. Variables morfo-estructurales y de calidad de la biomasa de *Tithonia diversifolia* en la etapa inicial de crecimiento. Zoot. Trop. 27:121-134.
- Norton, B. W. 2000. The significance of tannins in tropical animal production. In: Tannins in Livestock and Human Nutrition. Ed. J. D. Brooker. p. 14-23. Proc. No. 92. Australian Centre of International Tropical Res. (ACIAR). Canberra, Australia.
- Pedraza, R.M., Pérez, S., González, M., González, E., León, M. & Espinosa, E. 2013. Indicadores *in vitro* del valor nutritivo de *Moringa oleifera* en época de seca para rumiantes. Rev. Prod. Anim. 25:1-4.
- Peraza, B., Pérez, A. & Mohar, F. 2015. Efecto de la alimentación con *Moringa oleifera* en la dieta de vacas lecheras. Cultivos Tropicales. 5(4): 40-45.
- Pérez, A., Ibrahim, M., Villanueva, C., Skarpe, C. & Guerin, H. 2013. Rasgos funcionales que determinan la calidad nutricional y preferencia de leñosas forrajeras en sistemas de alimentación ganadera en zonas seca. VII Congreso Latinoamericano de Sistemas Agroforestales para a Produção Pecuária Sustentável. Available: http://biblioteca.catie.ac.cr:5151/repositoriomap/bitstream/123456789/290/1/Perez_et_al_Rasgos.pdf. [Consulted: 1 de abril de 2018].
- Pinto-Ruiz, R., Hernández, D., Gómez, H., Cobos, M.A., Quiroga, R. & Pezo, D. 2010. Árboles forrajeros de tres regiones ganaderas de Chiapas, México: Usos y características nutricionales. Universidad y Ciencia Trópico Húmedo. 26:19-31.
- Ramírez, R., Ramírez, R.G. & López, F. 2002. Factores estructurales de la pared celular del forraje que afectan su digestibilidad. Ciencia UANL. 5:180-189.
- Ríos, C.I. 1999. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico. In: Sánchez M.D. y M. Rosales (Eds.) Agroforestería para la Producción Animal en América Latina. Estudio FAO Producción y Sanidad Animal N°143. FAO. Roma. Italia. p.311.
- Rodríguez, R., González, N., Alonso, J., Domínguez, M. & Sarduy, L. 2014. Valor nutritivo de harinas de follaje de cuatro especies arbóreas tropicales para rumiantes. Rev. Cubana Cienc. Agric. 48: 371-378.
- Soto, S., Rodríguez, J.C. & Russo, R. 2009. Digestibilidad *in vitro* en forrajes tropicales a diferentes edades de rebrote. Tierra Tropical 5: 83-89.
- Velázquez-Zavala, M., Peón-Escalante, I., Zepeda-Bautista, R. & Jiménez-Arellanes, M. A. 2016. Moringa (*Moringa oleifera* Lam.): usos potenciales en la agricultura, industria y medicina. Revista Chapingo Serie Horticultura, 22(2), 95-116. doi: 10.5154/r.rchsh.2015.07.018
- Verdecia, D.M. 2015. Composición química y metabolitos secundarios en seis variedades de árboles, arbustos y leguminosas volubles en el Valle del Cauto. PhD Thesis, Universidad de Granma, Granma, Cuba.
- Verdecia, D.M., Herrera R.S., Ramírez, J.L., Leonard, I., Bodas, R., Prieto, N., Andrés, S., Giráldez, F.J., González, J.S., Arceo, A., Paumier, M., Álvarez, Y. & López, S. 2014a. Effect of re-growth age in the content of secondary metabolites from *Neonotonia wightii* in the Valle del Cauto, Cuba. Cuban J. Agric. Sci. 48:149-154.
- Verdecia, D.M., Herrera R.S., Ramírez, J.L., Leonard, I., Bodas, R., Prieto, N., Andrés, S., Giráldez, F.J., González, J.S., Arceo, A., Paumier, M., Álvarez, Y. & López, S. 2014b. Caracterización bromatológica de seis especies forrajeras en el Valle del Cauto, Cuba. Rev. Avances en Investigaciones Agropecuarias. 18:75-90.