

Productivity, chemical composition and *In situ* ruminal degradation kinetics of *Morus alba* at different regrowth ages

Productividad, composición química y cinética de degradación ruminal *In situ* del *Morus alba* a diferentes edades de rebrote

E. Torres-Navarrete¹, A. Sánchez-Laiño¹, Í. Espinoza-Guerra¹, A. Barrera-Alvarez¹,
D.M. Verdecia², J.L. Ramírez² and R.S. Herrera³

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

Email: etorres@uteq.edu.ec

Using a random block design and four replications with six treatments consisting on regrowth ages (30, 45, 60, 75, 90 and 105 days), their biomass production, dry matter, chemical composition and *In situ* ruminal degradation kinetics of *Morus alba*, was evaluated in la María, Los Ríos, Ecuador. It was sampled in plots of 1,200 m², in which a uniformity cut was applied at 0.5 m high over the soil level, without using irrigation or fertilization. Edible biomass, DMY, DM, CP, NDF, ADF and OM were determined, as well as *In situ* ruminal degradation kinetics (DM, NDF and OM). There were increases of dry matter and edible biomass production of 1.77 and 0.45 t/ha⁻¹, respectively, as well as 7.5, 11.21 and 18.28 percent units for DM, NDF and ADF, while there was a decrease for CP and OM of 4.99 and 8.44 percent units, respectively up to 105 days. For degradation kinetics of dry matter, the best results were obtained at 30 days with 81.24 %, 7.08 %, 0.41 %/h, 88.32 %, 66.06 %, 63.78 %, and 61.51 % for soluble fraction (a), potentially degradable (b), degradation rate (c), potential degradability (a+b) and effective degradability at ruminal passage rate of 2, 5 and 8 %, respectively. This same performance was maintained for OM and NDF. It can be concluded that regression equations were established, which explain the close relation among age, edible biomass production and dry matter. Dry matter and crude protein values were lower than those reported for this species in the international literature for production systems in tropical areas. These differences could be attributed to the zero use of irrigation and fertilization during the research. It is important to highlight that soluble fraction, potential and effective degradation of DM, OM and NDF were maintained with values superior to 50 %. Further studies are suggested in other periods of the year, cut height, phytochemical composition, intake tests and animal response.

Key words: *shrubs*, *biomass*, *effective digestion*, *age*, *regrowth*, *mulberry*

The search for species with potential for animal production in Latin American countries has brought about the study of native or introduced trees, not conventionally used in the production systems in tropical areas (Naranjo and Cuartas 2011). One of these resources is mulberry (*Morus alba*), which is a forage tree adapted to tropical conditions and it has shown wide possibilities for feeding ruminants and non-ruminants. Variations in their bromatological composition are a result of regrowth age, position of leaves and stem, fertilization level and some other factors (Borges *et al.* 2014).

This a tree with multiple uses and its foliage can be advantageous for animal production because of its high forage potential. In this sense, many studies have

Mediante un diseño de bloques al azar y cuatro réplicas con seis tratamientos que consistieron en las edades de rebrote (30, 45, 60, 75, 90 y 105 días), se evaluó su efecto en la producción de biomasa, materia seca, composición química y cinética de la degradabilidad ruminal *In situ* de *Morus alba*, en la María, Los Ríos, Ecuador. Se muestreó en parcelas de 1200 m², a la cual se aplicó el corte de uniformidad a 0.5 m de altura sobre el nivel del suelo y no se empleó riego ni fertilización. Se determinaron biomasa comestible, RMS, MS, PB, FDN, FDA y MO, así como la cinética de degradación ruminal *In situ* (MS, FDN, MO). Hubo incrementos de la producción de biomasa comestible y materia seca de 1.77 y 0.45 t/ha⁻¹, así como 7.5, 11.21 y 18.28 unidades porcentuales para la MS, FDN y FDA, mientras que para la PB y MO hubo disminución de 4.99 y 8.44 unidades porcentuales, respectivamente hasta los 105 días. Para la cinética de degradación de la materia seca los mejores resultados se obtuvieron a los 30 días con 81.24 %, 7.08 %, 0.41 %/h, 88.32 %, 66.06 %, 63.78 % y 61.51 % para la fracción soluble (a), potencialmente degradable (b), tasa de degradación (c), degradabilidad potencial (a+b) y la efectiva a tasa de paso ruminal (2, 5 y 8 %), respectivamente. Este mismo comportamiento se mantuvo para la MO y FDN. Se concluye que se establecieron ecuaciones de regresión que explican la estrecha relación que existe entre la edad, la producción de biomasa comestible y materia seca. Los valores de materia seca y proteína bruta están por debajo de los reportados para la especie en la literatura internacional para los sistemas de producción en el trópico, diferencias que pudieran ser atribuibles al no empleo de riego y fertilización durante la investigación. Vale destacar que la fracción soluble, degradación potencial y efectiva de la MS, MO y FDN se mantuvieron con valores superiores al 50 %. Se sugiere realizar estudios en otros periodos del año, altura de corte, composición fitoquímica, pruebas de consumo y respuesta animal.

Palabras clave: *arborescentes*, *biomasa*, *digestión efectiva*, *edad*, *rebrote*, *morera*.

La búsqueda de especies con potencial para la producción animal en los países de América Latina, ha traído consigo el estudio de leñosas nativas e introducidas no utilizadas convencionalmente en los sistemas de producción en el trópico (Naranjo y Cuartas 2011). Uno de estos recursos es la morera (*Morus alba*) la cual es un árbol forrajero adaptado a las condiciones del trópico, que ha mostrado vastas posibilidades para la alimentación de rumiantes y no rumiantes. Las variaciones en su composición bromatológica se deben a la edad de rebrote, la posición de las hojas y tallo, así como el nivel de fertilización, entre otros factores (Borges *et al.* 2014).

Este un árbol de uso múltiple, cuyo follaje puede ser utilizado en la producción animal por su alto potencial forrajero. En ese sentido se vienen realizando numerosos

been performed for demonstrating the versatility of this plant in tropical and subtropical areas, highlighting its use as protein biomass bank in paddocks with low nutritional quality grasses. This tree can be compared with multipurpose legume shrubs, recommended to be implemented by small and medium farmers (Zach *et al.* 2017)

Mulberry stands out by its excellent capacity for biomass production, chemical composition, adaptability to several soil and climate conditions and availability. Its foliage shows protein concentrations between 15 and 28 %, with 90 % of *in vivo* digestibility and its amino acid composition is similar to that of soybean meal, being considered as a good source of amino acids, out of which almost half are those considered as essential (Alpizar *et al.* 2014). This is one of the forage specie that shows excellent characteristics of palatability and intake for goats and bovine cattle, and demonstrates adaptability to a wide range of ecosystems (Franzel *et al.* 2014).

Although there are many results on the scientific literature that explain the effect of action mechanisms of ruminal microbial population in different nutrients within forage shrubs and trees, their degradation speed, digestion of cell wall components and nitrogen compounds, as well as the proportion of bypass protein of promising species (Gutiérrez 2015 and Olafadehan and Okunade 2018).

In Los Ríos province, Ecuador, some of the species used as protein plants in many regions, like mulberry, are not so popular and many times farmers do not know them or resist to know its use as supplement for ruminants and non-ruminants due to their lack of knowledge about its nutritional contribution.

Therefore, it is important to study the effect of regrowth age on chemical composition and *In situ* ruminal degradation kinetics of *Morus alba* in the current edaphoclimatic conditions of Los Ríos province, Ecuador.

Materials and Methods

Research area, climate and soil. This study was developed in areas and Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional (RUMEN) of the Universidad Técnica Estatal de Quevedo, located in Campus Experimental "La María", km 7 1/2 de la vía Quevedo-Mocache, Los Ríos, Ecuador, which geographical location is 01° 6' South and 79° 29' West and at 73 msl during the time between January and May, 2018 (winter, rainy season).

The climate of this area is classified as humid subtropical (García 2004), with rains of 2,020.6 mm during the experimental period. Mean, maximum and minimum temperatures were 25.87, 33.25 and 23.5°C, and relative humidity was 90 %. These indicators are within the range of historical mean up to 2014 (2,000 mm; 25.4, 33.2 and 23 °C for mean, maximum

estudios que demuestran la versatilidad de la planta tanto en zonas tropicales como subtropicales, destacándose su utilidad como banco de proteínas para potreros con pasturas de baja calidad nutricional, resultando ser comparable con arbustos leguminosos multipropósitos recomendados para ser implementados por pequeños y medianos productores (Zach *et al.* 2017)

La Morera se destaca por su excelente capacidad de producción de biomasa, composición química, adaptabilidad a diversas condiciones de clima y suelo y disponibilidad. Su follaje presenta concentraciones proteicas entre 15 y 28 %, con 90 % de digestibilidad *in vivo* y su composición de aminoácidos es similar a la de la harina de soya, siendo considerada como una buena fuente de aminoácidos, de los cuales casi la mitad son los considerados esenciales (Alpizar *et al.* 2014). Esta es una de las especies forrajeras, la cual muestra excelentes características de palatabilidad y consumo tanto en ganado bovino como caprino, además de presentar adaptabilidad a una amplia gama de ecosistemas (Franzel *et al.* 2014).

Aunque en la literatura científica son numerosos los resultados que explican el efecto de los mecanismos de acción de la población microbiana ruminal en los diferentes nutrientes presentes en los árboles y arbustos forrajeros, su velocidad de degradación, la digestión de los elementos de la pared celular y de los compuestos nitrogenados, así como la proporción de proteína pasante de las especies promisorias (Gutiérrez 2015 y Olafadehan y Okunade 2018).

En la provincia de Los Ríos, Ecuador algunas de las especies empeladas como plantas proteicas en muchas regiones como es el caso de la Morera, no gozan de popularidad y muchas veces no se conoce o se hace resistencia por parte de los pequeños productores y campesinos de su uso como suplemento para rumiantes y no rumiantes por desconocimiento de su aporte nutritivo.

De ahí que resulte de mucha importancia el estudio del efecto de la edad de rebrote en la composición química y cinética de la degradabilidad ruminal *In situ* del *Morus alba* en las actuales condiciones edafoclimáticas de la provincia Los Ríos, Ecuador.

Materiales y Métodos

Área de la investigación, clima y suelo. El estudio se desarrolló en áreas y Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional (RUMEN) de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, situado en el Campus Experimental. "La María", km 7 1/2 de la vía Quevedo-Mocache, Los Ríos, Ecuador, cuya ubicación geográfica es 01° 6' de latitud sur y 79° 29' de longitud oeste y a 73 msnm durante el período comprendido entre enero-mayo (invierno, época de lluvias) de 2018.

El clima del territorio se clasifica como subtropical húmedo (García 2004), con precipitaciones de 2020.6 mm durante el período experimental. La temperatura media, máxima y mínima promedio fue de: 25.87; 33.25 y 23.5°C, y humedad relativa de

and minimum temperature, respectively, and 89.5 % of relative humidity). The soil of this area is inceptisol (Soil Survey Staff 2003) and its chemical composition is presented in table 1.

90 %, indicadores que se encuentran dentro del rango de la media histórica hasta el 2014 (2000 mm; 25.4; 33.2; 23 °C para la temperatura media, máxima y mínima, respectivamente y 89.5% de humedad relativa). El suelo

Table 1. Soil characteristics

Indicator	Value	SD
pH	5.36	0.03
N, cmolc kg ⁻¹	1.48	0.05
P, cmolc kg ⁻¹	5.30	0.20
K, cmolc kg ⁻¹	0.52	0.01
Ca, cmolc kg ⁻¹	1.59	0.05
Mg, cmolc kg ⁻¹	0.82	0.05
Sand, %	24.00	2.65
Lime, %	56.00	2.65
Clay, %	20.00	3.46

Treatment and experimental design. A random block design and four replications were used and the treatments were regrowth ages of 30, 45, 60, 75, 90 and 105 days.

Procedures. Sowing of experimental plots (40x30=1,200m²) was performed in January, 2017, with a distance between furrows of 1 m and 1 m between plants. There was an establishment period of one year, up to January 2018, and then, a uniformity cut at 0.50m over the soil level was performed. From that moment, samplings were conducted according to treatments (30, 45, 60, 75, 90 and 105 days). The soil was not irrigated nor fertilized during the experiment.

For yield components, 10 plants were taken at random for each ages and later the cut of the rest of the plot was performed, removing 50 cm of border effect. Afterwards, leaves, petioles and stems lower than 2.0 cm of edible biomass (EB) were individually separated. Later, plant material was homogenized and samples were taken, which were dried in an air circulation oven for 72 hours at 65 °C. For this, 200 g of each sample were used.

Chemical composition determination. Samples were dried at room temperature in a dark and ventilated room for 12 days, then, they were grinded up to 1mm particle size, and stored in amber flasks at room temperature. DM, CP and OM were determined according to AOAC (2016), NDF and ADF regarding Goering and Van Soest (1970). All the analyses were performed by duplicate for each replication.

In situ ruminal degradation kinetics. Four Brahman bulls were used with 450.3±35.2 kg of weight, provided with a ruminal cannula (four inches of internal diameter, Bar Diamond, Parma, Idaho, USA). The animals were kept in individual pens and fed with a diet based on Saboya grass (*Megathyrsus maximus*), King grass (*Cenchrus purpureus*) and mulberry (*Morus alba*), and

presente en el área es Inceptisol (Soil Survey Staff 2003) y su composición química aparece en la tabla 1.

Tratamiento y diseño experimental. Se empleó un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas y los tratamientos fueron las edades de rebrote de 30, 45, 60, 75, 90 y 105 días.

Procedimientos. La siembra de las parcelas experimentales (40x30=1200m²) se realizó en el mes de enero de 2017 con una distancia entre hileras de 1 m y 1 m entre plantas. Con un período de establecimiento de un año, hasta enero de 2018 donde se realizó un corte de uniformidad a 0.50m sobre el nivel del suelo. A partir de ahí los muestreos se realizaron de acuerdo con los tratamientos (30, 45, 60, 75, 90 y 105 días). El terreno no se regó ni fertilizó durante el experimento.

Para los componentes del rendimiento se tomaron 10 plantas al azar para cada una de las edades y después se realizó el corte del resto del área de la parcela, eliminando 50 cm de efecto de borde. Con posterioridad se separaron de forma individual las hojas, peciolos y los tallos menores de 2.0 cm de biomasa comestible (BC), posteriormente se homogenizó el material vegetativo y se tomaron las muestras, las que se secaron en una estufa de circulación de aire durante 72 horas a 65 °C. Para esto se emplearon 200 g de cada muestra.

Determinación de la composición química. Las muestras se secaron a temperatura ambiente en un local oscuro y ventilado durante 12 días, con posterioridad se molinaron hasta tamaño de partícula de 1 mm y se almacenaron en frascos de color ámbar a temperatura ambiente. Se determinaron: MS, PB y MO de acuerdo con AOAC (2016); la FDN, FDA según Goering y Van Soest (1970). Todos los análisis se realizaron por duplicado para cada réplica.

Cinética de la degradación ruminal In situ. Se utilizaron cuatro toros Brahman con un peso de 450.3±35.2 kg, provistos de una cánula ruminal (cuatro pulgadas de diámetro interno, Bar Diamond, Parma, Idaho, EEUU). Los animales se alojaron en corrales individuales y

water was offered ad libitum.

In situ ruminal degradation was determined through the nylon bag technique in the rumen, described by Orskov *et al.* (1980), and bags (15 cm x 10 cm) were used for incubations with a 45 µm pore size. Two bags were located in each animal, containing 10g of DM of each treatment per replication, and they were incubated for 0, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 h. Two empty bags (control) were included in each time for determining correction factor for cleaning effect.

At the end of incubation periods, bags were removed from the rumen and cleaned with current water and dried at 65 °C, up to obtaining a constant weight. Later, weights were recorded for their analysis and interpretation. DM disappearance was fit to the equation $p=a+b \times (1-e^{-ct})$ (Orskov *et al.* 1980), where:

p is DM disappearance in time (t),

a is the soluble fraction per cleaning of bags at h 0 (%),

b is the insoluble but potentially degradable fraction (%),

c is the degradation rate of b (h⁻¹).

Effective degradability (DMED, OMED, NDFED and ADFED) was calculated for three ruminal passage rates (k): 0.02, 0.05 and 0.08 %, according to the equation

$ED = a + [(b \times c) / (c+k)]$, where a, b, c and k have been previously described.

Statistical analysis and calculations. All the statistical analyses were carried out with SAS 9.3 (2011). Data was analyzed with GLM procedure and minimum square means were compared with Tukey (1949) test (P<0.05). For normal distribution of data, Kolmogorov-Smirnov (Massey 1951) test was used and Bartlett (1937) test was used for variances. Degradation kinetics parameters were calculated with GRG NONLINEAR resolution mode of SOLVER function of Microsoft EXCEL®.

In order to establish functional relationship among edible biomass, dry matter yield and age, linear, square, cubic and Gompertz equations were analyzed. For selecting the equation with the best fit, indicators like high R² value, high significance, low standard error of estimation and of terms, significant contribution of terms and equation according to Guerra *et al.* (2003) and Rodríguez *et al.* (2013), were taken into consideration. The SPSS (Visauta 1998) program was used for all the previous analyses.

Results

Edible biomass and dry matter yield increased (P<0.05) with plant age and polynomial of third order and linear equations were fitted with the EB, DMY and age. With the best results (1.77 and 0.45 t/ha at 120 days respectively (figure 1).

For chemical composition of *Morus alba* (table 2), there were significant differences (P<0.05) among

se alimentaron con una dieta basada en pasto saboya (*Megathyrus maximus*), King grass (*Cenchrus purpureus*) y morera (*Morus alba*), y se les proporcionó agua ad libitum.

La degradación ruminal *In situ*, la determinó mediante la técnica de la bolsa de nailon en el rumen descrita por Orskov *et al.* (1980) y se utilizaron bolsas (15 cm x 10 cm) para las incubaciones con un tamaño de poro de 45 µm. En cada animal se colocaron dos bolsas que contenían 10 g MS de cada tratamiento por réplica y se incubaron por 0, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 h. En cada tiempo se incluyeron dos bolsas vacías (blanco) para determinar el factor de corrección para el efecto del lavado.

Al término de los períodos de incubación, las bolsas se removieron del rumen, lavadas con agua corriente y secadas a 65 °C, hasta obtener peso constante, posteriormente se registraron los pesos para su análisis e interpretación. La desaparición de la MS se ajustó a la ecuación $p=a+b \times (1-e^{-ct})$ (Orskov *et al.* 1980), donde:

p es la desaparición de la MS a tiempo (t),

a es la fracción soluble por lavado de las bolsas a la h 0 (%),

b es la fracción insoluble pero potencialmente degradable (%),

c es la tasa de degradación de b (h⁻¹).

La degradabilidad efectiva (DEMS, DEMO, DEFND y DEFDA) se calculó para tres tasas de paso ruminal (k): 0,02, 0,05 y 0,08 %, de acuerdo con la ecuación $DE = a + [(b \times c) / (c+k)]$, donde a, b, c y k se han descrito anteriormente.

Análisis estadístico y cálculos. Todos los análisis estadísticos se hicieron con SAS 9.3 (2011). Los datos se analizaron con el procedimiento GLM y las medias de mínimos cuadrados se compararon con el test de Tukey (1949) (P<0.05). 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). Los parámetros de la cinética de degradación se calcularon con el modo de resolución GRG NONLINEAR de la función SOLVER de Microsoft EXCEL®.

Para establecer la relación funcional entre biomasa comestible, rendimiento en materia seca y la edad, se analizaron las ecuaciones lineales, cuadráticas, cúbicas y Gompertz. Para la selección de la ecuación de mejor ajuste se tuvo en cuenta alto valor de R², alta significación, bajo error estándar de estimación y de los términos, aporte significativo de los términos y de la ecuación según Guerra *et al.* (2003) y Rodríguez *et al.* (2013). Para todo lo anterior se empleó el programa SPSS (Visauta 1998).

Resultados

La biomasa comestible y rendimiento en materia seca aumentaron (P<0.05) con la edad de la planta y se ajustaron ecuaciones polinómicas de tercer orden y lineal entre la BC, RMS y la edad. Con los mayores resultados 1.77 y 0.45 t/ha, respectivamente a los 120 días (figura 1).

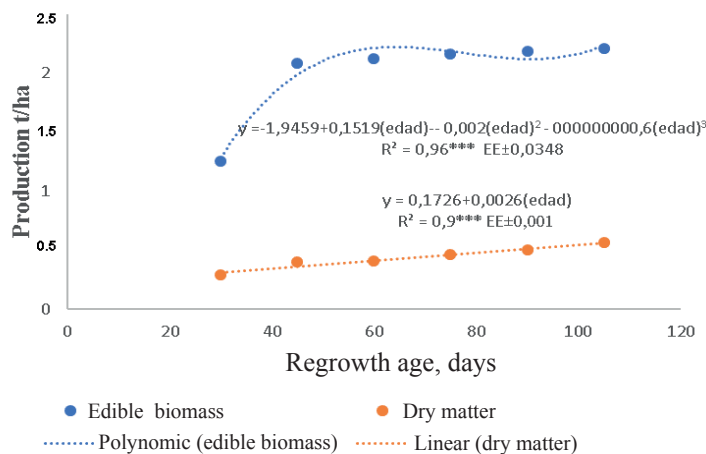


Figure 1. *Morus alba* production at different regrowth ages

Table 2. Chemical composition of mulberry (*Morus alba*) at different regrowth ages

Regrowth age, days	Variables				
	DM	CP	NDF	ADF	OM
30	15.62 ^f	17.92 ^a	39.17 ^d	12.20 ^e	85.46 ^a
45	16.69 ^e	17.30 ^a	39.97 ^d	12.72 ^e	84.90 ^{ab}
60	17.31 ^d	16.64 ^{ab}	43.21 ^c	16.21 ^d	84.87 ^{ab}
75	20.26 ^c	15.96 ^b	43.27 ^c	22.53 ^c	83.58 ^b
90	23.12 ^b	14.28 ^c	45.23 ^b	26.93 ^b	80.48 ^c
105	27.56 ^a	12.93 ^d	50.38 ^a	30.48 ^a	77.02 ^d
SE±	0.49	0.24	0.28	0.89	1.24
P	0.0001	0.001	0.001	0.001	0.001

^{abcdef} Values with different letters differ according to Tukey (1949) (P<0.05)

regrowth ages for all the evaluated indicators. When comparing 30 with 105 days, there are increases of 7.5, 11.21 and 18.28 percent units for DM, NDF and ADF, respectively, while CP and OM decreased in 4.99 and 8.44%, respectively.

Indicators of the kinetics of *In situ* degradation of dry matter (table 3) showed significant differences (P<0.05), which decreased with the increase of regrowth ages. The best results were obtained at 30 days with 81.24, 7.08 %, 0.41%/h, 88.32, 66.06, 63.78 and 61.51 % for soluble fraction (a), potentially degradable (b),

Para la composición química de *Morus alba* (tabla 2) hubo diferencias significativas (P<0.05) entre las edades de rebrote para todos los indicadores evaluados. Al comparar 30 contra 105 días se aprecian incrementos de 7.5, 11.21 y 18.28 unidades porcentuales para la MS, FDN y FDA, respectivamente mientras que la PB y MO disminuyeron en 4.99 y 8.44 %, respectivamente.

Los indicadores de la cinética de degradación *In situ* de la materia seca (tabla 3) presentaron diferencias significativas (P<0.05), los que decrecieron con el incremento de la edad de rebrote. Los mejores resultados

Tabla 3. Kinetics of *In situ* ruminal degradation of dry matter of mulberry (*Morus alba*) at different regrowth ages

Indicators kinetics	Regrowth ages, days						SE±	P
	30	45	60	75	90	105		
a	81.24 ^a	80.41 ^a	80.35 ^a	78.93 ^b	78.92 ^b	77.56 ^c	1.82	0.003
b	7.08 ^a	6.98 ^{ab}	6.67 ^b	6.45 ^{bc}	6.28 ^c	5.01 ^d	0.56	0.001
c	0.41 ^a	0.39 ^a	0.38 ^{ab}	0.32 ^b	0.26 ^c	0.25 ^c	0.43	0.002
PD	88.32 ^a	87.39 ^a	87.02 ^b	85.38 ^c	85.20 ^d	82.57 ^e	0.79	0.001
ED (2 %)	66.06 ^a	65.73 ^a	64.56 ^b	64.48 ^b	62.16 ^c	60.32 ^d	0.70	0.001
ED (5 %)	63.78 ^a	63.35 ^a	62.27 ^b	62.92 ^{ab}	61.84 ^c	59.08 ^d	0.82	0.002
ED (8 %)	61.51 ^a	60.99 ^a	59.08 ^b	58.45 ^c	56.54 ^d	56.36 ^d	1.05	0.001

^{abcdef} Values with different letters differ according to Tukey (1949) (P<0.05)

a: soluble fraction; b: potentially degradable fraction; c: degradation rate of b;

PD: potential degradability (a+b); ED: effective degradability of ruminal passage rates (2, 5 and 8 %)

degradation rate (c), potential degradability (a+b) and effective rate of ruminal passage (2, 5 and 8 %), respectively.

For organic matter, indicators of kinetics (table 4) showed similar performance to that of DM, with values of 74.23, 3.74 %, 1.44 %/h, 77.97, 61.08, 60.78 and 60.04 %, para a, b, c, PD, ED (2, 5 and 8 %), respectively. The best results ($P<0.05$) were obtained at 30 days of

se obtuvieron a los 30 días con 81.24, 7.08 %, 0.41%/h, 88.32, 66.06, 63.78 y 61.51% para la fracción soluble (a), potencialmente degradable (b), tasa de degradación (c), degradabilidad potencial (a+b) y la efectiva a tasa de paso ruminal (2, 5 y 8 %), respectivamente.

Para la materia orgánica los indicadores de la cinética (tabla 4) presentaron similar comportamiento al de la MS con valores de 74.23, 3.74 %, 1.44 %/h, 77.97,

Table 4. Kinetics of *In situ* ruminal degradation of organic matter of mulberry (*Morus alba*) at different regrowth ages

Indicators kinetics	Regrowth ages, days						SE±	P
	30	45	60	75	90	105		
a	74.23 ^a	72.70 ^b	70.61 ^c	65.04 ^d	64.48 ^d	58.15 ^e	1.76	0.0002
b	3.74 ^a	3.57 ^a	2.56 ^b	2.47 ^b	1.59 ^c	1.27 ^c	1.01	0.003
c	1.44 ^a	1.17 ^a	1.12 ^a	0.99 ^b	0.96 ^b	0.48 ^c	0.05	0.004
PD	77.97 ^a	76.270 ^a	73.17 ^b	67.51 ^c	66.07 ^c	59.42 ^d	1.72	0.0001
ED (2%)	61.08 ^a	57.80 ^b	56.33 ^{bc}	55.60 ^c	53.43 ^d	52.08 ^d	1.64	0.0001
ED (5%)	60.78 ^a	56.54 ^b	55.39 ^{bc}	54.52 ^{cd}	53.36 ^d	51.95 ^e	1.64	0.0001
ED (8%)	60.04 ^a	57.48 ^b	55.28 ^c	54.04 ^c	52.26 ^d	51.50 ^d	1.69	0.0001

^{abcdef} Values with different letters differ according to Tukey (1949) ($P<0.05$)

a: soluble fraction; b: potentially degradable fraction; c: degradation rate of b;

PD: potential degradability (a+b); ED: effective degradability of ruminal passage rates (2, 5 and 8 %)

regrowth.

Indicators of kinetics of NDF degradation (table 5) had a marked effect of regrowth age with a gradual decrease during maturity of the plant with values of 34.19, 4.86 %, 0.03 %/h, 38.34, 13.46, 12.21 and 16.18 % para a, b, c, PD y ED (2, 5 and 8%), respectively. It is important to highlight that degradability rate, (c)

61.08, 60.78 y 60.04%, para a, b, c, DP, DE (2, 5 y 8%), respectivamente. Los mayores ($P<0.05$) resultados se obtuvieron a los 30 días de rebrote.

Los indicadores de la cinética de degradación de la FDN (tabla 5) tuvieron marcado efecto de la edad de rebrote con disminución en la medida que avanzó la madurez de la planta con valores de 34.19, 4.86 %,

Table 5. Kinetics of *In situ* ruminal degradation of neutral detergent fiber (NDF) of mulberry (*Morus alba*) at different regrowth ages

Indicators kinetics	Regrowth ages, days						SE±	P
	30	45	60	75	90	105		
a	74.28 ^a	53.61 ^b	52.73 ^b	45.31 ^c	42.09 ^d	40.80 ^d	1.83	0.0001
b	7.41 ^a	4.60 ^b	3.32 ^b	2.97 ^c	2.93 ^c	2.55 ^d	0.08	0.0019
c	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.02	0.6954
PD	81.69 ^a	58.21 ^b	56.05 ^c	48.28 ^d	44.99 ^d	43.35 ^e	3.90	0.0012
ED(2%)	64.47 ^a	61.44 ^b	60.67 ^b	60.28 ^b	55.61 ^c	51.01 ^d	1.83	0.0001
ED (5%)	62.96 ^a	59.67 ^b	57.62 ^c	54.16 ^d	52.74 ^e	50.75 ^f	1.09	0.0001
ED (8%)	61.85 ^a	60.86 ^b	55.35 ^c	50.34 ^d	48.57 ^e	45.67 ^f	0.85	0.0001

^{abcdef} Values with different letters differ according to Tukey (1949) ($P<0.05$)

a: soluble fraction; b: potentially degradable fraction; c: degradation rate of b;

PD: potential degradability (a+b); ED: effective degradability of ruminal passage rates (2, 5 and 8 %)

showed no significant differences.

Discussion

The importance of climatic factors in the social and economic life of a country is known. Plant species are able to exist, reproduce and maintain only in certain climatic and edaphic contexts, which can be considered

0.03%/h, 38.34, 13.46, 12.21 y 16.18% para a, b, c, DP y DE (2, 5 y 8 %), respectivamente. Es de señalar que la tasa de degradabilidad no presentó deferencias significativas.

Discusión

Se conoce la importancia que tienen los factores climáticos en la vida social y económica de un país. Las

as the tolerance of the species to these conditions (Herrera 2015).

With the development of science, it has been demonstrated that not only climate factors influence on plant productivity. Others such as soil characteristics, fertilization, water availability, management and sowing season, and some others, have an important function in the production of plant systems (Herrera *et al.* 2018).

Alternative livestock production systems are based on the use of perennial crops capable of generating large amounts of biomass and nutrients. In this area, trees and shrubs play a fundamental role, mainly mulberry (*Morus sp.*), which is widely distributed in tropical and subtropical regions, Japan, India, China, Korea, Colombia, Cuba, Venezuela, North America and Africa. More than 14 countries report the sowing of this species by farmers, indicating its adaptability to a wide range of ecosystems (Hussain *et al.* 2017). It is known and used for its excellent nutritional value and high palatability. This forage becomes a real option as a supplement to low quality pastures in ruminants, as well as for the substitution of concentrated foods based on cereals in rations for growing dairy cattle and the production of meals for non-ruminants.

Although its benefits and importance in livestock production systems are known, it is not widely used by farmers in Los Ríos province, Ecuador. Hence the importance of conducting studies on the performance of this species in this region, since there is not enough information about its productive performance and nutritional contribution.

Hernández-Sánchez *et al.* (2015) studied the effect of the regrowth age on the production of edible biomass of *Morus alba* and *Hibiscus rosa-sinensis* and found, in both species, a performance similar to that found in the current research with increases up to 60 days, then stable performance until 90-105 days with 1.58 t/ha, associating this response to the fact that total biomass increases with age due to the increase of the photosynthetic process and synthesis of metabolites necessary for the growth and development of plants, but the edible biomass tends to be stable due to lignification and volume of stems.

Martín *et al.* (2014), when evaluating three varieties of *Morus alba*, found that Acorazonada variety had the best performance in the rainy season, with 60 days (6.35 t DM/ha), for Indonesia in the same period, but with 90 days of regrowth (6.45 t DM/ha). Tigreada variety had the lowest results at 60 (6.02 t DM/ha) and 90 days (6.19 t DM/ha). These values were above those obtained in the present study, which is determined by management differences (organic fertilization with poultry manure) and edaphoclimatic conditions prevailing in the research. It has been shown that yield and edible biomass were mainly influenced by fertilization, cutting age and season.

especies vegetales son capaces de existir, reproducirse y perdurar sólo en determinados contextos climáticos y edáficos, lo cual puede ser considerado como la tolerancia de las especies a esas condiciones (Herrera 2015).

Con el desarrollo de la ciencia se ha demostrado que no solo los factores climáticos influyen en la productividad de las plantas. Factores como las características de los suelos, fertilización, disponibilidad de agua, época de siembra y manejo, entre otros, desempeñan importante papel en la producción de los sistemas vegetales (Herrera *et al.* 2018).

Los sistemas alternativos de producción ganadera están basados en la utilización de cultivos perennes capaces de generar grandes cantidades de biomasa y nutrientes. En este ámbito los árboles y arbustos desempeñan un papel fundamental en particular la morera (*Morus sp.*) especie ampliamente distribuida en las regiones tropicales y subtropicales, Japón, India, China, Corea, Colombia, Cuba, Venezuela, el norte de América y África; más de 14 países reportan la siembra de esta especie por parte de los agricultores lo que indica su adaptabilidad a una amplia gama de ecosistemas (Hussain *et al.* 2017). Es conocida y utilizada por su excelente valor nutritivo y alta palatabilidad. Este forraje se convierte en una opción real como suplemento a pasturas de baja calidad en rumiantes; así como para la sustitución de alimentos concentrados basados en cereales en raciones para el ganado lechero en crecimiento y la confección de harinas para no rumiantes.

Aunque son conocidas sus bondades e importancia en los sistemas de producción ganaderos no es ampliamente utilizada por los productores en la Provincia, Los Ríos, Ecuador. De ahí la importancia de realizar estudios sobre el comportamiento de esta especie en esta región, ya que no existe suficiente información sobre su comportamiento productivo y aporte nutritivo.

Hernández-Sánchez *et al.* (2015) realizaron estudio del efecto de la edad de rebrote en la producción de biomasa comestible de *Morus alba* y *Hibiscus rosa-sinensis* encontraron en ambas especies un comportamiento similar al encontrado en la actual investigación con incrementos hasta los 60 días, luego comportamiento estable hasta los 90 – 105 días con 1.58 t/ha, asociando esta respuesta a que la biomasa total se incrementa con la edad por el aumento del proceso fotosintético y la síntesis de metabolitos necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas, pero la comestible tiene a ser estable por la lignificación y volumen de los tallos.

Martín *et al.* (2014) al evaluar tres variedades de *Morus alba* obtuvieron que la variedad Acorazonada tuvo el mejor comportamiento en el período lluvioso, con de 60 días (6.35 t de MS/ha), para la Indonesia en el mismo período, pero con 90 días de rebrotes (6.45 t de MS/ha). La variedad Tigreada con los menores resultados a los 60 (6.02 t de MS/ha) y 90 días (6.19 t de MS/ha). Valores estos muy por encima de los obtenidos en el presente estudio, lo que está determinado por las diferencias en el manejo (fertilización orgánica con gallinaza) y condiciones edafoclimáticas imperantes en las investigaciones.

The performance found in the chemical composition (table 2) is due, among other aspects, to increase of the cell wall and to physiological and anatomical changes that occur as the plant ages, which causes a decrease of the proportion of cytoplasmic content, the cell lumen is reduced with its soluble components and the fibrous compounds increase. This performance coincides with those reported by Rodríguez-Zamora and Elizondo-Salazar (2012) and Olafadehan and Okunade (2018), who state that with forage maturity, their quality is affected, affecting intake, although they emphasize that *Morus alba* is used as supplement during food scarcity period due to its capacity as well as other tree and shrub species to maintain high amount of green biomass and with high protein percentages.

Hernández-Sánchez *et al.* (2015), when assessing the effect of regrowth age (30, 60, 90 and 120 days) on the chemical composition of mulberry (*Morus alba*), reported results superior to those found in the present study with 28.96, 21.87 and 46.19 % for DM, CP and NDF, respectively, with the application of high levels of nitrogen fertilization (450 kg/ha/year), although the primary effect of N for the accumulation of DM, CP levels and increasing biomass quality is known, this aspect, together with the interaction with climatic factors, directly influenced on the differences found in nutrient contributions.

García-Soldevilla *et al.* (2007), when evaluating mulberry foliage as a supplement for calves in rotational grazing with guinea Likoni (*Megathyrsus maximus* cv. Likoni) under conditions of the western region of Cuba with precipitations superior to 1,000 mm and very fertile soils, reported percentages of CP (21.43 and 19.54 %) and NDF (33.28 and 24.05 %), for rainy and dry periods, respectively. On the other hand, López *et al.* (2014), under conditions of the eastern area of Cuba with rains below 1,000 mm, low fertility soils and 90 days of regrowth, obtained 20 and 34 % of CP and NDF, respectively. While in the region where the present research was conducted, precipitations with over 2,000 mm and soils with higher fertility, values obtained by the authors were 17.37 and 50.38 % of CP and NDF, respectively. Differences found are due to the performance of climate variables, soil and plant maturity.

While, Rodríguez *et al.* (2014), reported for *Moringa oleifera*, *Leucaena leucocephala*, *Morus alba* and *Trichanthera gigantea* values of OM (82-91 %), PB (20-27 %) and FDN (30-50 %), although the OM and NDF of the present study are within the range of the values reported in this research, variations of the values reported by the literature are a result of the effect of the parts of the collected plants, their phenological state, season in which they are obtained, cut frequency and environmental and management conditions in which the collected material was developed (Luna-Murillo *et al.* 2016).

The performance of *In situ* degradability kinetics

Quedando demostrado que el rendimiento y biomasa comestible estuvo influenciado, principalmente, por la fertilización, edad de corte y período del año.

El comportamiento encontrado en la composición química (tabla 2) se debe, entre otros aspectos, al incremento de la pared celular que se produce y a los cambios fisiológicos y anatómicos que ocurren al envejecer la planta, lo que provoca disminución de la proporción del contenido citoplasmático, se reduce el lumen celular con sus componentes solubles e incrementan los compuestos fibrosos. Comportamiento que coincide con los reportados por (Rodríguez-Zamora y Elizondo-Salazar 2012 y Olafadehan y Okunade 2018) los que plantean que con la madurez del forraje se afecta su calidad e influye en el consumo, aunque destacan que *Morus alba* es empleado como suplemento durante el período de escases de alimento por su capacidad, al igual que otras especies de árboles y arbustos, de mantener elevada cantidad biomasa verde con elevados porcentajes de proteína.

Hernández-Sánchez *et al.* (2015) al evaluar el efecto de la edad (30, 60, 90 y 120 días) de rebrote en la composición química de la morera (*Morus alba*) reportaron resultados superiores a los encontrados en el presente estudio con 28.96, 21.87 y 46.19 % para la MS, PB y FDN, con aplicación de elevados niveles de fertilización nitrogenada (450 kg/ha/año), si bien se conoce el efecto primordial del N para la acumulación de MS, niveles de PB e incrementar la calidad de la biomasa, aspecto que unido a la interacción con factores climáticos influenciaron directamente en las diferencias encontradas en los aportes de nutrientes.

García-Soldevilla *et al.* (2007) al evaluar el follaje de Morera como suplemento en terneras en pastoreo rotacional con guinea Likoni (*Megathyrsus maximus* vc Likoni) en condiciones del occidente de Cuba con precipitaciones superiores a 1000mm y suelos muy fértiles reportaron porcentajes de PB (21.43 y 19.54 %) y FDN (33.28 y 24.05 %), para los períodos lluvioso y poco lluvioso, respectivamente. Por otra parte, López *et al.* (2014) en condiciones del oriente de Cuba con lluvias por debajo de 1000 mm, suelos de baja fertilidad y 90 días de rebrote obtuvieron 20 y 34 % de PB y FDN, respectivamente. Mientras que en la región donde se realizó la presente investigación las precipitaciones son de más de 2000mm y suelos con valores superiores de fertilidad obtuvieron 17.37 y 50.38% de PB y FDN, respectivamente. Las diferencias encontradas se deben al comportamiento de las variables climáticas, el suelo y la madurez de la planta.

Mientras que, Rodríguez *et al.* (2014), notificaron para *Moringa olifera*, *Leucaena leucocephala*, *Morus alba* y *Trichanthera gigantea* valores de MO (82-91 %), PB (20-27 %) y FDN (30-50 %), aunque la MO y FDN del presente estudio se encuentran dentro de rango de los valores reportados en esta investigación, las variaciones en los valores informados por la literatura, se deben al 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 y condiciones

of the DM, OM and NDF (tables 3, 4 and 5) could be attributed to the characteristics of the material of origin, age, phenology and period of the year, as these factors have a determining influence on the contents of fiber components (Zach *et al.* 2017). In addition, forage mass degradability will depend on the relative proportion of each chemical component and its individual digestibility. On the other hand, its reduction with the increase of maturity is also influenced by the increase in structural components, as well as the Si and the monomeric components of lignin (Trabi *et al.* 2017).

In forages from grasses, creeping legumes, trees and shrubs, the cell wall is thin in the early growth stages, with little fiber, which allows its easy rupture by ruminal microorganisms and short times of digestion. When age increases, vascular structures of leaves become thicker, as do the vascular tissue and the sclerenchyma. Leaves and stems are lignified and become physically stronger and difficult to reduce in size. Another aspect that limits digestibility is the presence of secondary metabolites (condensed tannins), which bind to the fiber and proteins limiting the action of microorganisms, as well as their defaunant properties (saponins), inhibits ruminal fermentation, the number of protozoa and cellulolytic bacteria and decreases protein degradability (Franzel *et al.* 2014, Hussain *et al.* 2017 and Olafadehan and Okunade 2018).

Conclusions

Regression equations were established, which explain the close relationship among age, edible biomass production and dry matter.

Values of dry matter and crude protein are below those reported for the species, in the international literature, for production systems in the tropics. These differences could be attributed to the non-use of irrigation and fertilization during research. It is worth noting that the soluble fraction, potential and effective degradation of DM, OM and NDF remained with values superior to 50 %.

Future research is needed with the evaluation of other cut heights, periods of the year, fertilizer application, cut density and determination of secondary compounds, as well as the relationship of the latter with ruminal degradation and the optimum allowable levels in the diets from which the animal metabolism begins to be affected.

ambientales y de manejo en el cual se desarrolló el material recolectado (Luna-Murillo *et al.* 2016).

El comportamiento de la cinética de degradabilidad *In situ* de la MS, MO y FDN (tablas 3, 4 y 5) se pudiera atribuir a las características del material de procedencia, edad, fenología y período del año, al tener estos factores influencia determinante en los tenores de los componentes fibrosos (Zach *et al.* 2017). Además, la degradabilidad de la masa forrajera estará en función de la proporción relativa de cada componente químico y de su digestibilidad individual. Por otra parte, la reducción de esta con el incremento de la madurez también está influida por el aumento de los componentes estructurales, así como del Si y de los componentes monoméricos de la lignina (Trabi *et al.* 2017).

En los forrajes, tanto de gramíneas, leguminosas rastreras, árboles y arbustos la pared celular es delgada en los primeros estadios de crecimiento, con poca fibra, lo que permite su fácil ruptura por los microorganismos ruminales y tiempos cortos de digestión. Cuando se incrementa la edad las estructuras vasculares de las hojas se hacen más gruesas, al igual que el tejido vascular y el esclerénquima; tanto las hojas como los tallos se lignifican y se hacen físicamente más fuertes y difíciles de reducir en tamaño, otro de los aspectos que limitan la digestibilidad es la presencia de metabolitos secundarios (taninos condensados) los cuales se unen a la fibra y proteínas limitando la acción de los microorganismos, así como sus propiedades defaunantes (saponinas) inhibe la fermentación ruminal, el número de protozoo y bacterias celulolíticas y disminuye la degradabilidad de la proteína (Franzel *et al.* 2014, Hussain *et al.* 2017 y Olafadehan y Okunade 2018).

Conclusiones

Se establecieron ecuaciones de regresión que explican la estrecha relación que existe entre la edad, la producción de biomasa comestible y materia seca.

Los valores de materia seca y proteína bruta están por debajo de los reportados para la especie en la literatura internacional para los sistemas de producción en el trópico, diferencias que pudieran atribuirse al no empleo de riego y fertilización durante la investigación. Vale destacar que la fracción soluble, degradación potencial y efectiva de la MS, MO y FDN se mantuvieron con valores superiores al 50 %.

Se precisa de futuras investigaciones donde se evalúen otras alturas de corte, períodos del año, aplicación de fertilizantes, densidad de corte y la determinación de compuestos secundarios, así como la relación de estos últimos con la degradación ruminal y los niveles óptimos permisibles en las dietas a partir de los cuales se comience a afectar el metabolismo animal.

References

- Alpizar, A., Camacho, M.I., Sáenz, C., Campos, M.E., Arece, J. & Esperance, M. 2014. Efecto de la inclusión de diferentes niveles de morera (*Morus alba*) en la calidad nutricional de ensilajes de sorgo (*Sorghum alnum*). Pastos y Forraje. 37(1):55-60. ISSN:0864-0394
- AOAC. 2016. Official methods of analysis of AOAC International. 20th ed., Rockville, MD: AOAC International, ISBN: 978-0-935584-87-5, Available:<http://www.directtextbook.com/isbn/9780935584875>, [Consulted: September 01, 2019].

- Bartlett, M. 1937. Properties of sufficiency and statistical tests. Proceedings of the Royal Society of London. Ser. A; 160(2): 268–282. Available: <http://doi.org/10.1098/rspa.1937.0109>. [Consulted: September 05, 2019].
- Borges, J.A., Barrios, M., Chávez, A. & Avedaño, R. 2014. Efecto de la fertilización foliar con humus líquido de lombriz durante el aviveramiento de la morera (*Morus alba* L.). Bioagro. 26(3):159-164. ISSN:1316-3361.
- Franzel, S., Carsan, S., Lukuyu, B., Sinja, J. & Wambugu, C. 2014. Fodder trees for improving livestock productivity and smallholder livelihoods in Africa. Current Opinion in Environmental Sustainability. 6(1): 98-103. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2013.11.008>. [Consulted: September 05, 2019].
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. V Edición. ED: Instituto de Geografía Universidad Nacional Autónoma de México, México. 98 pp. ISBN: 970-32-1010-4.
- García-Soldevilla, F.A.L., Valdés, L.R. & Fernández, R. 2007. Distintas proporciones de concentrado/morera (*Morus alba*) como suplemento a terneras en pastoreo. Ciencia y Tecnología Ganadera. 1(1-2): 55-62. ISSN: 1998-3050.
- Goering, H. K. & Soest, P. J. V. 1970. Forage Fiber Analyses (apparatus, Reagents, Procedures, and Some Applications). (ser. Agriculture handbook, no. ser. 379), U.S. Agricultural Research Service, 24 p., Available: <https://books.google.com/cu/books/>. [Consulted: September 05, 2019].
- Guerra, C. W., Cabrera, A. & Fernández, L. 2003. Criteria for the selection of statistical models in scientific research. Cuban J. Agric. Sci. 37(1): 3-10. ISSN: 2079-3480.
- Gutiérrez, O. 2015. La fisiología digestiva del rumiante, objeto de investigación en el Instituto de Ciencia Animal durante cincuenta años. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 49(2):179-188. ISSN: 2079-3480.
- Hernández-Sánchez, D., Pinto-Ruiz, R., Aranda-Ibáñez, E.M., Mata-Espinosa, M.A., Hernández-Melchor, G., Cruz-Hernández, A., Ramírez-Bribiesca, E., Hernández-Mendo, O. & Coutiño-Hernández, P.R. 2015. Producción y calidad nutritiva de los forrajes de morera *Morus alba* y Tulipán Hibiscus rosa-sinensis para la suplementación de ovinos en pastoreo. Quehacer Científico en Chiapas. 10(1): 29-39. ISSN: 1405-6542.
- Herrera, R.S. 2015. Instituto de Ciencia Animal: fifty years of experiences in the evaluation of grasses with economical importance for animal husbandry. Cuban J. Agric. Sci. 49(2):221-232. ISSN: 2079-3480.
- Herrera, R.S., García, M. & Cruz, A.M. 2018. Study of some climate indicators at the Institute of Animal Science from 1967 to 2013 and their relation with grasses. Cuban J. Agric. Sci. 52(4): 411-421. ISSN: 2079-3480.
- Hussain, F., Rana, Z., Shafique, H., Malik, A. & Hussain, Z. 2017. Phytopharmacological potential of different species of *Morus alba* and their bioactive phytochemicals: A review. Asian Pac J Trop Biomed. 7(10): 950-956. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apjtb.2017.09.015>. [Consulted: September 03, 2019].
- López, B., Iser, M., Cisneros, M., Ramírez, J.L., Valdiviá, M. & Savón, L. 2014. Inclusión de la harina de Morera (*Morus alba*) en el desempeño productivo de conejos. Rev. Prod. Anim. 26 (2): 1-8. ISSN: 2224-7920.
- Luna-Murillo, R.A., Cadme-Arévalo, M.L., Reyes-Bermeo, M.R., Zambrano-Burgos, D.A., Vargas-Burgos, J.C., Chacón-Marcheco, E. & Ramírez-De la Ribera, J.L. 2016. Calidad y microorganismos asociados de cuatro especies forrajeras en dos regiones del Ecuador. Revista Electrónica de Veterinaria. 17(4): 1-9. ISSN: 1695-7504. Available: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n040416/041601.pdf> [Consulted: September 05, 2019].
- Martín, G.J., Pentón, G., Noda, Y., Contino, Y., Díaz, M., Ojeda, F., Jiménez, F.A., López, O., Agramonte, D., Milera, M. & Prieto, M. 2014. Comportamiento de la morera (*Morus alba* L.) y su impacto en la producción animal y la crianza de gusanos de seda en Cuba. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 48(1):73-77. ISSN: 2079-3480.
- Massey, F. J. 1951. The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. Journal of the American Statistical Association. 4(543):68-78. Available: <http://dx.doi.org/10.2307/2280095>. [Consulted: September 04, 2019].
- Naranjo, J.F. & Cuartas, C.A. 2011. Caracterización nutricional y de la cinética de degradación ruminal de algunos de los recursos forrajeros con potencial para la suplementación de rumiantes en el trópico alto de Colombia. Rev. CES. Med. Vet. Zootec. 6 (1): 9-19. ISSN:1900-9607.
- Olafadehan, O.A. & Okunade, S.A. 2018. Fodder value of three browse forage species for growing goats. Journal of Saudi Society of Agricultural Sciences. 17(1): 43-50. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jssas.2016.01.001>. [Consulted: September 05, 2019].
- Orskov, E., Hovell, F. & Mould, F. 1980. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. Trop Anim Prod. 5(3):195-213. ISSN: 0250-5576.
- Rodríguez, L., Larduet, R., Martínez, R.O., Torres, V., Herrera, M., Medina, Y. & Noda, A. C. 2013. Modelación de la dinámica de acumulación de biomasa en *Pennisetum purpureum* vc. king grass en el occidente de Cuba. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 47(2): 119-124. ISSN: 2079-3480.
- Rodríguez, R., González, N., Alonso, J., Domínguez, M. & Sarduy, L. 2014. Valor nutritivo de harinas de follaje de cuatro especies arbóreas tropicales para rumiantes. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 48(4):371-378. ISSN: 2079-3480.
- Rodríguez-Zamora, J. & Elizondo-Salazar, J. 2012. Consumo, calidad nutricional y digestibilidad aparente de morera (*Morus alba*) y pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en cabras. Agronomía Costarricense. 36(1): 13-23. ISSN: 0377-9424.
- SAS. 2011. SAS/STAT® 9.3 User's guide. SAS Institute Inc, Cary, NC. USA.
- Soil Survey Staff. 2003. Keys to Soil Taxonomy. USDA, Ninth Edition, Washington D. C, p. 332.
- Trabi, E.B., Yuan, X., Li, J., Dong, Z., Shah, A.A. & Shao, T. 2017. Effect of glucose and lactic acid bacteria on the fermentation quality, chemical compositions and in vitro digestibility of mulberry (*Morus alba*) leaf silage. Pakistan J. Zool. 49(6): 2271-2277. Available: <http://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz/2017.49.6.2271.2277>. [Consulted: September 04, 2019].
- Tukey, J.W. 1949. Comparing individual means in the analysis of variance. Biometrics. 5(2): 99-114. Available: [doi:10.2307/3001913](https://doi.org/10.2307/3001913). [Consulted: September 05, 2019].

Visauta, B. 2007. Análisis estadístico con SPSS 14. Estadística básica. Tercera Edición. McGrawHill/Interamericana de España, S.A.V. p. 358.

Zach, A., Trulls, H.E., Ortíz, M.L., Brem, J.J. & Brem, J.C. 2017. Degradación ruminal de materia seca de *Morus sp.* en caprinos en diferentes estaciones del año. Revista Veterinaria. 28(2):141-144. ISSN (papel): 1668-4834. ISSN (on line) 1669-6840.

Received: May 20, 2019