

Nutritional characterization of *Gliricidia sepium* in a saline and high drought ecosystem of the Cauto river basin, Cuba

Caracterización nutritiva de *Gliricidia sepium* en un ecosistema salino y de alta sequía de la cuenca del río Cauto, Cuba

O. La O¹, H. González², Maribel¹ C. Vásquez⁶, J. Hernández³, A. Estrada⁴, and J.L. Ledea⁵

¹Departamento de Rumiantes. Instituto de Ciencia Animal. Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

²Departamento de Medicina Veterinaria. Instituto de Ciencias Biomédicas. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México

³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, México

⁴Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Sinaloa, México

⁵Estación Experimental de Pastos y Forrajes. Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov". Granma, Cuba

⁶Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador

Email: olao@ica.co.cu

An experimental sequence with *Gliricidia sepium* forage was carried out, from a saline and high drought ecosystem of the Cauto river basin, in Granma, Cuba, to determine the chemical composition, *in situ* effective ruminal degradability (ED) of dry matter (DM) and *in vitro* apparent and true digestibility of DM, organic matter, neutral detergent fiber and acid detergent fiber using the Daysi @ procedure. For the study of *in situ* degradability, times of 6, 12, 24, 36, 48 and 72 h were used. In the contents of the chemical composition values of 24.79, 36.32, 19.51, 16.81, 0.16 and 18.74 % were found for crude protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, hemicellulose, lignin and cellulose, respectively. The kinetic degradation performance was characterized by an increase in the dynamics disappearance of the dry matter with the incubation time in the rumen, while in the effective ruminal degradability of DM values between 63.1 and 67.6 % were obtained for different constants of ruminal replacement. The fit of the *in situ* ruminal degradability data to the proposed model, $P = a + b(1 - e^{-ct})$, showed R² higher to 97.00. The estimates of apparent digestibility of dry matter, organic matter, neutral detergent fiber and acid detergent fiber maintained values of 73.57, 64.25, 26.72 and 14.35 % respectively, much lower than true digestibilities, with 17.88, 67.14, 27.93 and 15.00 % for these same constituents, respectively. The results of the analysis of the chemical composition, *in situ* ruminal degradability of the dry matter and *in vitro* apparent and true digestibility of the dry matter, organic matter, neutral detergent fiber and acid detergent fiber of *Gliricidia sepium* show its high nutritional value for ruminants in the region. However, physiological studies that relates the cut frequency, degree of use of nutrients by the animal and effect of some secondary metabolites on the physiological and productive responses of the animals when intakes the plants in these edaphoclimatic conditions are required.

Key words: *in situ* ruminal degradability, *in vitro* digestibility, chemical composition, *Gliricidia sepium*

Cuba is considered the main area of speciation of the Antilles. It is an inexhaustible source of phylogenetic resources for different uses under dissimilar ecological conditions. In this context, the Cauto Basin and the Toa are characterized by different edaphoclimatic conditions, from regions with high rainfalls to some of extreme drought, with limitations on soil fertility

Se realizó una secuencia experimental con forraje de *Gliricidia sepium*, procedente de un ecosistema salino y de alta sequía de la cuenca del río Cauto, en Granma, Cuba, para determinar la composición química, degradabilidad efectiva ruminal *in situ* de la materia seca y digestibilidad aparente y verdadera *in vitro* de la materia seca, materia orgánica, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido mediante el procedimiento Daysi @. Para el estudio de la degradabilidad *in situ* se utilizaron tiempos de 6, 12, 24, 36, 48 y 72 h. En los contenidos de la composición química se encontraron valores de 24.79, 36.32, 19.51, 16.81, 0.16 y 18.74 % para proteína bruta, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, hemicelulosa, lignina y celulosa, respectivamente. El comportamiento cinético de degradación se caracterizó por incremento en la dinámica de desaparición de la materia seca con el tiempo de incubación en el rumen, mientras que en la degradabilidad ruminal efectiva de MS se obtuvieron valores entre 63.1 y 67.6 % para diferentes constantes de recambio ruminal. El ajuste de los datos de degradabilidad ruminal *in situ* al modelo propuesto, $P = a + b(1 - e^{-ct})$, mostró R² superiores a 97.00. Los estimados de digestibilidad aparente de materia seca, materia orgánica, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido mantuvieron valores de 73.57, 64.25, 26.72 y 14.35 % respectivamente, muy inferiores a las digestibilidades verdaderas, con 17.88, 67.14, 27.93 y 15.00 % para estos mismos constituyentes, respectivamente. Los resultados del análisis de la composición química, degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca y digestibilidad aparente y verdadera *in vitro* de la materia seca, materia orgánica, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido de *Gliricidia sepium* demuestran su alto valor nutricional para los rumiantes de la región. Sin embargo, se requieren estudios fisiológicos que relacionen la frecuencia de corte, grado de utilización de los nutrientes por el animal y efecto de algunos metabolitos secundarios en las respuestas fisiológicas y productivas de los animales al consumir la planta en estas condiciones edafoclimáticas.

Palabras clave: degradabilidad ruminal *in situ*, digestibilidad *in vitro*, composición química, *Gliricidia sepium*

Cuba está considerada como la principal área de especiación de las Antillas. Constituye una fuente inagotable de recursos fitogenéticos para diferentes usos en disímiles condiciones ecológicas. En este contexto, la cuenca del Cauto y el Toa se caracterizan por presentar diferentes condiciones edafoclimáticas, desde regiones con altas precipitaciones hasta algunas de extrema sequía,

and negative indicators for agricultural use (Martínez *et al.* 2017).

The study of new food sources for livestock in vulnerable areas is one of the actions prioritized by our state with the purpose of achieving a harmonious and balanced development with the environment, mainly under biotic and abiotic stress conditions (Soriano *et al.* 2018). Some studies in recent years have been aimed at determining the nutritional value of phylogenetic resources of interest for ruminants feeding in vulnerable areas (Espinoza *et al.* 2018 and Sánchez *et al.* 2018). Progress has also been made in offering information about the nutritional value of the main plant species of interest for animal feeding (Arias 2012, Ledea 2016 and Cruz *et al.* 2017) and the fundamental uses that are given to plants and species of interest in each region, according to its frequency of appearance and importance of its use in livestock systems (Choque *et al.* 2018). In this diverse context, the presence of *Gliricidia sepium* has been reported with very pronounced use in live fences, cutting and carrying, and as part of the diet of some ruminants in the Cauto river area. The objective of this study was to determine the chemical composition, *in situ* effective ruminal degradability (ED) of dry matter (DM) and *in vitro* apparent and true digestibility of DM, organic matter (OM), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) of *Gliricidia sepium* using the Daysi @ procedure.

Materials and Methods

Experimental procedure. The *Gliricidia sepium* samples were collected during the rainy season. A total of 10 adult plants were taken at random (5 kg/plant), individual, in a vegetative state, from a vertisol soil of poor drainage (Hernández *et al.* 1999), belonging to the Estación Experimental de Pastos y Forrajes del Instituto investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov” from Granma province, Cuba. In the sampling the browsing of the animal was simulated (Paterson *et al.* 1983). Part of the material harvested, was previously homogenized and dried for 48 hours in a forced air oven at 55°C. Then, was milled at 1 mm to determine the chemical composition and *in vitro* digestibility, and to 2 mm for the *in situ* ruminal degradability of DM.

The study was conducted in the food analysis and rumen physiology laboratory from the Department of Medicina Veterinaria del Instituto de Ciencias Biomédicas from the Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua, México.

Chemical composition. In the analysis of *Gliricidia sepium* samples, the content of dry matter (DM), ash, organic matter (OM) and crude protein (CP) were determined, according to the techniques described by AOAC (2000). The content of neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) was estimated by

con limitantes en la fertilidad del suelo e indicadores negativos para su uso agrícola (Martínez *et al.* 2017).

El estudio de nuevas fuentes alimentarias para la ganadería en zonas vulnerables constituye una de las acciones prioritizadas por nuestro estado con el propósito de lograr un desarrollo armónico y equilibrado con el medio, principalmente en condiciones de estrés biótico y abiótico (Soriano *et al.* 2018). Algunos trabajos en los últimos años han estado encaminados a determinar el valor nutritivo de recursos fitogenéticos de interés para la alimentación de rumiantes en zonas vulnerables (Espinoza *et al.* 2018 y Sánchez *et al.* 2018). También se ha avanzado en ofrecer información acerca del valor nutritivo de las principales especies vegetales de interés para la alimentación animal (Arias 2012, Ledea 2016 y Cruz *et al.* 2017) y de los usos fundamentales que se les da a las plantas y especies de interés en cada región, según su frecuencia de aparición e importancia de su uso en sistemas ganaderos (Choque *et al.* 2018). En este contexto tan diverso se ha informado la presencia de *Gliricidia sepium* con empleo muy pronunciado en cercas vivas, corte y acarreo, y como parte de la dieta de algunos rumiantes en la zona del río Cauto. El objetivo de este trabajo fue determinar la composición química, degradabilidad efectiva ruminal (DE) *in situ* de la materia seca (MS) y digestibilidad aparente y verdadera *in vitro* de la MS, materia orgánica (MO), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) de *Gliricidia sepium* mediante el procedimiento Daysi@.

Materiales y Métodos

Procedimiento experimental. Las muestras de *Gliricidia sepium* se recogieron durante la época de lluvia. Se tomaron al azar de 10 plantas adultas (5 kg/ planta), individuales, en estado vegetativo, provenientes de un suelo vertisol de mal drenaje (Hernández *et al.* 1999), que pertenece a la Estación Experimental de Pastos y Forrajes del Instituto Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov” de la provincia de Granma, Cuba. En el muestreo se simuló el ramoneo del animal (Paterson *et al.* 1983). Parte del material cosechado se homogenizó y secó previamente durante 48 h en estufa de aire forzado a 55 °C. Luego, se molió a 1 mm para determinar la composición química y digestibilidad *in vitro*, y a 2 mm para la degradabilidad ruminal *in situ* de MS.

El estudio se realizó en el laboratorio de análisis de alimentos y fisiología del rumen, del Departamento de Medicina Veterinaria del Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua, México.

Composición química. En el análisis de las muestras de *Gliricidia sepium*, se determinó el contenido de materia seca (MS), cenizas, materia orgánica (MO) y proteína bruta (PB), de acuerdo con las técnicas descritas por AOAC (2000). El contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se estimó

the Goering and van Soest (1970) method by means of a fiber extractor apparatus (Ankom 1998).

In situ ruminal degradability. The degradability of samples was determined by the Dacron bag technique (Ørskov *et al.* 1980). At each incubation time, the samples were incubated in triplicate in the rumen of two male sheep, with an initial average weight of 40 kg. \pm 1.5 and 36 months of age. The animals were provided with a permanent ruminal cannula of 7.5 cm in diameter. They were offered a diet consisting of 70 % alfalfa hay and 30 % commercial balanced food (12 % CP) and were housed in individual metabolic cages with cement floor, sawdust bed and 1.8 m² surface area. The diets were offered at 8:00 a.m. and 5:00 p.m with free access to a mineral block and water at will. The bags were removed at 0, 6, 12, 24, 48 and 72 h to wash them with water and dried in an oven at 60°C for 24 h.

In vitro digestibility. The technique ANKOM Technology (1998) was used. As donors of ruminal fluid, three Pelibuey male sheep were used, fasting, with 42 \pm 3.5 kg of initial average weight and 40 months of age, provided with a permanent ruminal cannula of 7.5 cm in diameter. They were offered a diet related to *in situ* degradability. For the *in vitro* test 2 FN⁵⁷ bags were used, with pore of 25 μ m and dimensions of 5 x 4 cm, of polyester/polyethylene, with filaments extracted in a matrix of three dimensions. The bags were previously identified and washed with acetone. Then, were placed in a forced air oven at 100°C \pm 5°C for two hours to dry them and reach constant weight. In each bag 0.25 g of sample were deposited to obtain an effective area of 36 cm². This corresponded to the relation between the sample size and the bag surface of 14.4 mg/cm². Subsequently, they were sealed with heat.

Four digestion jars were used, and in each one two repetitions of each forage sample (20 bags/jar) were incubated at random. A bag was included as control (empty and sealed bag without sample) to generate the correction factor for particle entry or weight loss of the bags.

The ruminal inoculum necessary for the procedure (ratio 4: 1 of medium culture solution: ruminal inoculum) was collected by means of a vacuum pump. The ruminal fluid processing of the three donor animals included mixing in a blender for 30 s. It was filtered by double layers of gauze and then (400 mL) was added to the buffer solution (1600 mL/ jar). CO₂ was added to maintain the anaerobic conditions present in the rumen. The samples were incubated for 48 h in the Daisy, at 39.2 \pm 0.5 °C of temperature, with constant circular agitation. After incubation, the bags were washed with water to stop the fermentation. They were processed in the fiber analyzer. The incubation wastes were in a 100 °C neutral detergent solution for one hour. There were included three successive washes with water at

por el método de Goering y van Soest (1970) mediante un aparato extractor de fibra (Ankom 1998).

Degradabilidad ruminal in situ. La degradabilidad de las muestras se determinó por la técnica de la bolsa de dacrón (Ørskov *et al.* 1980). En cada horario de incubación, las muestras se incubaron por triplicado en el rumen de dos ovinos machos, con peso promedio inicial de 40 kg \pm 1,5 y 36 meses de edad. Los animales estaban provistos de una cánula ruminal permanente de 7.5 cm de diámetro. Se les ofreció una dieta conformada por 70 % de heno de alfalfa y 30 % de alimento balanceado comercial (12 % PB) y se alojaron en jaulas metabólicas individuales con piso de cemento, cama de aserrín y superficie de 1.8 m². Las dietas se ofrecieron a las 8:00 a.m. y 5:00 p.m con libre acceso a un bloque mineral y agua a voluntad. Las bolsas se extrajeron a las 0, 6, 12, 24, 48 y 72 h para lavarlas con agua y secarlas en estufa a 60 °C durante 24 h.

Digestibilidad in vitro. Se usó la técnica ANKOM Technology (1998). Como donantes de líquido ruminal se utilizaron tres ovinos machos Pelibuey, en ayuno, con 42 \pm 3.5 kg de peso promedio inicial y 40 meses de edad, provistos con una cánula ruminal permanente de 7.5 cm de diámetro. Se les ofreció una dieta referida en la degradabilidad *in situ*. Para la prueba *in vitro* se usaron 2 bolsas FN⁵⁷, con poro de 25 μ m y dimensiones de 5 x 4 cm, de poliéster/polietileno, con filamentos extraídos en una matriz de tres dimensiones. Las bolsas se identificaron previamente y se lavaron con acetona. Luego, se introdujeron en una estufa de aire forzado a 100 °C \pm 5 °C durante dos horas para que se secaran y alcanzaran peso constante. En cada bolsa se depositaron 0.25 g de muestra para obtener un área efectiva de 36 cm². Esta correspondió a la relación entre el tamaño de la muestra y la superficie de la bolsa de 14.4 mg/cm². Posteriormente, se sellaron con calor.

Se usaron cuatro jarras de digestión, y en cada una se incubaron al azar dos repeticiones de cada muestra de forraje (20 bolsas/jarra). Se incluyó una bolsa como blanco (bolsa vacía y sellada sin muestra) para generar el factor de corrección por ingreso de partículas o pérdida de peso de las bolsas.

El inóculo ruminal necesario para el procedimiento (proporción 4:1 de solución medio de cultivo: inóculo ruminal) se recolectó mediante una bomba de vacío. El procesamiento del líquido ruminal de los tres animales donantes, incluyó el mezclado en una licuadora durante 30 s. Se filtró por capas dobles de gasa y después se agregó (400 mL) a la solución amortiguadora (1600 mL/jarra). Se adicionó CO₂ para mantener las condiciones anaerobias presentes en el rumen. Las muestras se incubaron durante 48 h en el Daisy, a 39.2 \pm 0.5 °C de temperatura, con agitación circular constante. Después de la incubación, las bolsas se lavaron con agua para detener la fermentación. Se procesaron en el analizador de fibra. Los residuos de la incubación estuvieron en una solución neutro detergente a 100 °C

90 °C and dried in a forced air oven at 105 °C for a minimum of two hours. Subsequently, the bags were weighed to obtain results in terms of *in vitro* true digestibility of DM (IVTDDM), which are considered as estimates of the actual digestibility of foods.

Data processing and statistical analysis. For ruminal degradability, the results were fitted to the exponential model of Orskov and McDonald (1979):

$$P = a + b(1 - e^{-ct}) \text{ where:}$$

P = Real degradation as a function of time (t)

a = Intersection of the degradation curve at zero time.

Represents the component that quickly degrades.

b = Potential degradability of the component

e = Base of natural logarithms (2.71828)

c = Constant degradation rate

a + b = Total degradability of the component

For the determination of the effective ruminal degradability the Mc Donald (1981) model was applied:

$$ED = a + ((b * c) / (c + k)) \text{ where:}$$

ED = *in situ* effective ruminal degradability

k = Fractional rate of ruminal passage. Different values of k were assumed.

For the chemical composition, only the standard deviation of the observations with respect to the mean was determined. For the *in vitro* apparent and true digestibility of the DM, OM, NDF and ADF, analysis of the measures of central tendency and standard deviation was applied.

Results and Discussion

The chemical composition values (table 1) in *Gliricidia sepium* showed DM content higher than 20 %, while for CP it was 24.79 % DM. The NDF and ADF reached levels of 36.32 and 19.51 % respectively. These results are in the range of values reported by other authors (Pedraza *et al.* 2002 and Araque *et al.* 2006) for the studied species, and are much higher than those reported by Ramírez *et al.* (2010), Fernández *et al.* (2015) and Ledea (2016) in grasses established under the same experimental conditions. In the values of fibrous indicators, it is shown that this plant can be an option for animal feeding in the studied area, although it has already been reported that *Gliricidia sepium* (“mataratón”) is always green in the humid and subhumid tropics (Kabaija and Smith, 1989), with a high protein level (Topps, 1992) and high capacity to adapt to different agro-ecological conditions (Escobar *et al.* 1995). In the studied area, La O *et al.* (2009) reported a high level of acceptance and use by producers from the Cauto river basin region, so this species is an option for animal feeding, being able to combine with grasses established and studied in this region, with high drought incidence and soil salinity (Ramírez *et al.* 2010, Fernández *et al.* 2015 and Ledea 2016)

The ash values 11.41 % were much higher than those reported by Pedraza *et al.* (2000) and Araque

durante una hora. Incluyeron tres lavados sucesivos con agua a 90 °C y se secaron en estufa de aire forzado a 105 °C por un mínimo de dos horas. Posteriormente, las bolsas se pesaron para obtener resultados en términos de digestibilidad verdadera *in vitro* de MS (DVIVMS), que se consideran como estimados de la digestibilidad real de los alimentos.

Procesamiento de los datos y análisis estadístico. Para la degradabilidad ruminal, los resultados se ajustaron al modelo exponencial de Orskov y McDonald (1979):

$$P = a + b(1 - e^{-ct}) \text{ donde:}$$

P = Degradación real en función del tiempo (t)

a = Intersección de la curva de degradación a tiempo cero. Representa el componente que se degrada rápidamente.

b = Degradabilidad potencial del componente

e = Base de los logaritmos naturales (2.71828)

c = Tasa constante de degradación

a + b = Degradabilidad total del componente.

Para la determinación de la degradabilidad efectiva ruminal se aplicó el modelo de Mc Donald (1981):

$$DE = a + ((b * c) / (c + k)) \text{ donde:}$$

DE = Degradabilidad efectiva ruminal *in situ*

k = Tasa fraccional de pasaje ruminal. Se asumieron diferentes valores de k.

Para la composición química, solo se determinó la desviación estándar de las observaciones con respecto a la media. Para la digestibilidad aparente y verdadera *in vitro* de la MS, MO, FDN y FDA se aplicó análisis de las medidas de tendencia central y la desviación estándar.

Resultados y Discusión

Los valores de composición química (tabla 1) en *Gliricidia sepium* indicaron contenido de MS superior a 20 %, mientras que para PB fue de 24.79 % de MS. La FDN y FDA alcanzaron niveles de 36.32 y 19.51 % respectivamente. Estos resultados están en el rango de valores informados por otros autores (Pedraza *et al.* 2002, y Araque *et al.* 2006) para la especie estudiada, y resultan muy superiores a los informados por Ramírez *et al.* (2010), Fernández *et al.* (2015) y Ledea (2016) en gramíneas establecidas en las mismas condiciones experimentales. En los valores de indicadores fibrosos, se demuestra que esta planta puede constituir una opción para la alimentación animal en el área estudiada, aunque ya se ha informado con anterioridad que mataratón (*Gliricidia sepium*) se mantiene siempre verde en el trópico húmedo y subhúmedo (Kabaija y Smith, 1989), con alto nivel de proteína (Topps, 1992) y gran capacidad de adaptación a diferentes condiciones agro ecológicas (Escobar *et al.* 1995). En el área estudiada, La O *et al.* (2009) informaron alto nivel de aceptación y uso por parte de los productores de la región de la cuenca del río Cauto, por lo que esta especie constituye una opción para la alimentación animal, pudiéndose combinar con gramíneas establecidas y estudiadas en esta región, con alta incidencia de sequía y salinidad de los suelos (Ramírez *et al.* 2010, Fernández *et al.* 2015 y Ledea 2016)

Table. 1. Chemical composition of *Gliricidia sepium*, in saline and high drought ecosystems of the Cauto river basin, Granma province, Cuba

Nutrients	Content	SD ¹
DM (% Fresh matter)	22.10	1.5
Residual DM (%)	88.59	0.11
OM (%DM)	87.33	0.03
CP (%DM)	24.79	0.02
NDF (%DM)	36.32	0.69
ADF (%DM)	19.51	0.06
Hemicellulose (%DM)	16.81	0.70
Lignin (% DM)	0.16	0.01
Cellulose (% DM)	18.74	0.10
Ash (% DM)	11.41	0.27
Ca (% DM)	1.00	0.08
P (%DM)	0.22	0.02

¹Standard deviation

et al. (2006) when studying different cutting ages in an increasing way. These differences in the contents could be related to the degree of adaptation and the responses to the adverse drought conditions and characteristics of the saline soils where this plant is present (La O *et al.* 2006, 2008 and 2009), as well as to the adaptation of this to different edaphoclimatic conditions in the region, with high vulnerability due to extreme droughts. In this regard it has been shown (Ibáñez 2007) that excessive amounts of salts in the soil can impede the absorption of water by the roots of vegetables and alter the absorption of nutrients. For these reasons, the nutrition of the plants is affected and, in extreme cases, their growth can be inhibited, even talking about toxicity. Therefore, diseases of stem, roots, leaves and seeds occur, due to the bioaccumulation in these organs of certain ions that affect the normal functioning of the plant and cause variability in the ash content.

In addition, under physiological stress conditions, plants are able to create means of defense, such as producing different secondary metabolites and changing some forms of storage and use of chemical components, among which are minerals (Rodríguez 2004). Although this aspect was not studied, for the specific case of these plants, researches are needed to support this hypothesis and its relation with the ecosystem of high drought and soil salinity.

Stewart and Dunsdon (1998) report up to 45 % variation in *in vitro* digestibility of tropical legumes. According to these authors, a representative percentage is related to the presence of secondary

Los valores de ceniza 11.41 % fueron muy superiores a los informados por Pedraza *et al.* (2000) y Araque *et al.* (2006) al estudiar diferentes edades de corte de forma creciente. Estas diferencias en los contenidos pudieran estar relacionadas con el grado de adaptación y las respuestas a las condiciones adversas de sequía y características de los suelos salinos donde está presente esta planta (La O *et al.* 2006, 2008 y 2009), así como con la adaptación de esta a diferentes condiciones edafoclimáticas en la región, con alta vulnerabilidad por sequías extremas. Al respecto se ha demostrado (Ibáñez 2007) que cantidades excesivas de las sales en el suelo pueden impedir la absorción de agua por las raíces de los vegetales y alterar la absorción de nutrientes. Por estas razones, la nutrición de las plantas se afecta y, en casos extremos, puede inhibirse su crecimiento, incluso hablarse de toxicidad. Por tanto, se producen enfermedades de tallo, raíces, hojas y semillas, debido a la bioacumulación en estos órganos de ciertos iones que afectan el funcionamiento normal de la planta y provocan variabilidad en el contenido de ceniza.

Además, en condiciones de estrés fisiológico, las plantas son capaces de crear medios de defensa, como producir diferentes metabolitos secundarios y cambiar algunas formas de almacenamiento y utilización de los componentes químicos, entre los que se encuentran los minerales (Rodríguez 2004). Aunque este aspecto no fue objeto de estudio, para el caso específico de estas plantas, se necesitan investigaciones que avalen esta hipótesis y su relación con el ecosistema de alta sequía y salinidad de los suelos.

Stewart y Dunsdon (1998) informan hasta 45 % de variación en la digestibilidad *in vitro* de leguminosas

compounds, among which are the tannins. They also state that their positive or negative action is not clear until they have evidence of the specific nutritional effect. However, Pedraza (2000) alludes to the low content of tannins in this plant, an aspect not proven in the plant materials studied in this experiment, which constitutes a question to be defined in subsequent studies.

The estimated values of *in vitro* apparent digestibility of dry matter and organic matter (IVAPDM and IVAPOM) were lower than the true digestibility (IVTDDM and ITTDOM) in both constituents (table 2 and 3), with contents of apparent and true digestibility, which ranged from 73-77, 64-67, 27-28 and 14-15.00 %, for DM, OM, NDF and ADF, respectively.

Similar tendencies obtained La O *et al.* (2012) when performed *in vitro* studies of apparent and true digestibilities, with the use of Daysi in different ecotypes of *Tithonia diversifolia*, plant also present in these ecosystems and with characteristics of reproduction by cuttings, use in live fences and favorable results as melliferous, in some cases similar to *Gliricidia sepium*.

Pedraza *et al.* (2002), when performed *in vitro*

tropicales. Según estos autores, un porciento representativo está relacionado con la presencia de compuestos secundarios, entre los que se encuentran los taninos. Refieren además, que no está clara su acción positiva o negativa hasta que no se tengan las evidencias del efecto nutricional específico. Sin embargo, Pedraza (2000) hace alusión a los bajos contenidos de taninos que tiene esta planta, aspecto no comprobado en los materiales vegetales estudiados en este experimento, lo que constituye una interrogante a definir en estudios posteriores.

Los valores estimados de digestibilidad aparente *in vitro* de materia seca y materia orgánica (DAIVMS y DAIVMO) se mantuvieron inferiores a la digestibilidad verdadera (DVIVMS y DVIVMO) en ambos constituyentes (tabla 2 y 3), con contenidos de digestibilidad aparente y verdadera, que oscilaron desde 73 - 77, 64 - 67, 27 - 28 y 14 - 15.00 %, para MS, MO, FDN y FDA, respectivamente.

Tendencias similares obtuvieron La O *et al.* (2012) al hacer estudios *in vitro* de digestibilidades aparentes y verdaderas, con el uso de Daysi en diferentes ecotipos de *Tithonia diversifolia*, planta también presente en estos ecosistemas y con características de reproducción por espejes, uso en cercas vivas y resultados favorables

Table. 2. *In vitro* apparent digestibility of *Gliricidia sepium* nutrients in saline and high drought ecosystems of the Cauto river basin, Granma province, Cuba

Nutrients	Digestibility (%)	SD ¹
IVADDM	73.57	0.15
IVADOM	64.25	0.16
IVADNDF	26.72	0.45
IVADADF	14.35	0.03

¹Standard Deviation.

Table 3. *In vitro* true digestibility of *Gliricidia sepium* nutrients, in saline and high drought ecosystems of the Cauto river basin, Granma province, Cuba

Nutrients	Digestibility (%)	SE ¹
IVTDDM	76.88	0.02
IVTDOM	67.14	0.05
IVTDNDF	27.93	0.52
IVTDADF	15.00	0.01

¹Standard Deviation.

intestinal digestibility studies of *Gliricidia sepium* with the three steps technique, developed by Calsamiglia and Stern (1995) in protein supplements and modified by La O (2001) for protein plants, obtained values up to 69 % digestibility of non-degraded nitrogen in the rumen. These authors assumed a digestion of 48 h in the rumen and pepsin-pancreatin action for the rest of the degradative process of the bypass protein. However, their results were not conclusive, since in the degradation and nutrient digestion characteristics different factors influence the animal, the diet and the food, those that are wanted to be tested in conjunction with the interactions that take place in the diverse and complex macro and micromolecules present in the food. Although these authors refer that this plant is useful in the productive systems of supplementation.

The effective degradability of DM in the rumen was high, with values higher than 60 %. However, if compared to other shrub plants, it was lower than those

como melíferas, en algunos casos similares a *Gliricidia sepium*.

Pedraza *et al.* (2002), al realizar estudios de digestibilidad intestinal *in vitro* de *Gliricidia sepium* con la técnica de los tres pasos, desarrollada por Calsamiglia y Stern (1995) en suplementos proteicos y modificada por La O (2001) para plantas proteicas, obtuvieron valores de hasta 69 % de digestibilidad de nitrógeno no degradado en rumen. Estos autores asumieron una digestión de 48 h en el rumen y acción de pepsina – pancreatina para el resto del proceso degradativo de la proteína sobrepasante. Sin embargo, sus resultados no fueron conclusivos, ya que en las características degradativas y de digestión de nutrientes influyen diferentes factores inherentes al animal, la dieta y el alimento, los que se quieren probar de conjunto con las interacciones que tienen lugar en las diversas y complejas macro y micromoléculas presentes en el alimento. Aunque estos autores refieren que esta planta es útil en los sistemas productivos de suplementación.

reported by La O (2001) for the *Leucaena leucocephala* cultivars (Peru, 7929, 9379, 9101, 7872 and 7988). These variations can be attributed to the effect of factors such as the species, the cultivar, the management of the plant and the edaphoclimatic conditions.

Table 4 shows the characteristics of the DM degradability. Parameter a was 40.76 % DM, a lower value than those reported by Tolera *et al.* (1998) in different leucaena species and by Delgado *et al.* (2001, 2007 and 2008) when working with different tropical trees, in which are *L. leucocephala*. Something similar happened for c, where lower values were obtained than those found by Kibon and Orskov (1993) when using different shrubs in Nigeria. However, the value of fraction b (36.76 % DM) was lower than those found by Tolera *et al.* (1998) in *L. diversifolia* (46.6 % DM), lower in *L. leucocephala* (50.5 % DM) and higher than those published by Abdulrazak *et al.* (1996) in *L. leucocephala*. On this aspect, numerous researchers have showed the great variability in the characteristics of ruminal degradation of nutrients in plants, legumes and tropical trees in general, among which are *L. leucocephala* (La O 2001 and La O *et al.* 2006), *G. sepium* (Pedraza 2000), *Tithonia diversifolia*, *Cordia alba* (La O *et al.* 2008, 2009 and 2012) and trees and shrubs in general (La O *et al.* 2012 and Domínguez *et al.* 2012).

When observing the effective DM degradability,

La degradabilidad efectiva de la MS en el rumen fue alta, con valores superiores a 60 %. Sin embargo, si se compara con la de otras plantas arbustivas fue inferior a la informada por La O (2001) para los cultivares de *Leucaena leucocephala* (Perú, 7929, 9379, 9101, 7872 y 7988). Estas variaciones se pueden atribuir al efecto de factores como la especie, el cultivar, el manejo de la planta y las condiciones edafoclimáticas.

En la tabla 4 se muestran las características de la degradabilidad de la MS. El parámetro a fue de 40.76 % de MS, valor muy inferior al informado por Tolera *et al.* (1998) en diferentes especies de leucaena y por Delgado *et al.* (2001, 2007 y 2008) al trabajar con diferentes árboles tropicales, en los que se encontraba *L. leucocephala*. Algo similar ocurrió para c, donde se obtuvieron valores muy inferiores a los hallados por Kibon y Orskov (1993) al utilizar diferentes arbustos en Nigeria. Sin embargo, el valor de la fracción b (36.76 % MS) fue inferior al encontrado por Tolera *et al.* (1998) en *L. diversifolia* (46.6 % MS), inferior en *L. leucocephala* (50.5 % MS) y superior al publicado por Abdulrazak *et al.* (1996) en *L. leucocephala*. Sobre este aspecto numerosos investigadores han demostrado la gran variabilidad en las características de degradación ruminal de nutrientes en plantas, leguminosas y árboles tropicales en general, entre los que se encuentran *L. leucocephala* (La O 2001 y La O *et al.* 2006), *G. sepium* (Pedraza 2000), *Tithonia diversifolia*, *Cordia alba* (La

Table. 4. *In situ* ruminal degradation of DM of *Gliricidia sepium* in saline and high drought ecosystems of the Cauto river basin, Granma province, Cuba

Fraction	DM
Soluble fraction (a %)	40.76
Degradable fraction (b %)	36.76
Potentially degradable fraction (a+b %)	77.52
Degradation rate (c %/h)	0.040
SEE ¹	6.84
Effective degradability (ED %)	
K=0.03	67.6
K=0.04	65.2
K=0.05	63.1

¹Standard Deviation.

the values oscillated between 67-63 % respectively, with variable ruminal turnover rates (k). The results were higher for DM with respect to those obtained by Delgado *et al.* (2001, 2007 and 2008) in *Enterolobium cyclocarpum* and other shrubs. They were inferior to those reported by La O (2001) for degradability in *L. leucocephala* treated with polyethylene glycol (PEG), which is related, in part, to the effect of PEG on polyphenolic compounds.

The evolution of the DM disappearance dynamics

O *et al.* 2008, 2009 y 2012) y árboles y arbustos en general (La O *et al.* 2012 y Domínguez *et al.* 2012).

Al observar la degradabilidad efectiva de MS, los valores oscilaron entre 67 – 63 % respectivamente, con tasas variables de recambio ruminal (k). Los resultados fueron superiores para MS con respecto a los obtenidos por Delgado *et al.* (2001, 2007 y 2008) en *Enterolobium cyclocarpum* y en otras arbustivas. Resultaron inferiores a los informados por La O (2001) para la degradabilidad en *L. leucocephala* tratada con polietilenglicol (PEG),

after the *in situ* ruminal incubation (figure 1) showed an increase ($P < 0.01$) in the time until the last incubation time established in this experiment for all the studied components. The results obtained in the degradation were comparable with those reported by Pedraza (2000) with different cutting ages of *G. sepium*, from other regions very different to those studied in this research.

The kinetic performance was characterized by an increase in the DM disappearance dynamics with the incubation time in the rumen, while the fit of the *in situ* ruminal degradability data to the proposed model, $P = a + b(1 - e^{-ct})$, showed R^2 higher to 97.00. This shows a correct fit of the degradation values to the model (figure 1).

The results of the analysis of the chemical composition,

lo que está relacionado, en parte, por el efecto del PEG en los compuestos polifenólicos.

La evolución de la dinámica de desaparición de MS después de la incubación ruminal *in situ* (figura 1) mostró aumento ($P < 0.01$) en el tiempo hasta el último horario de incubación establecido en este experimento para todos los componentes estudiados. Los resultados obtenidos en la degradación fueron comparables con los informados por Pedraza (2000) con diferentes edades de cortes de *G. sepium*, procedente de otras regiones muy diferentes a las estudiadas en este trabajo.

El comportamiento cinético se caracterizó por incremento en la dinámica de desaparición de la MS con el tiempo de incubación en el rumen, mientras que el ajuste de los datos de degradabilidad ruminal *in situ* al modelo propuesto, $P = a + b(1 - e^{-ct})$, mostró R^2

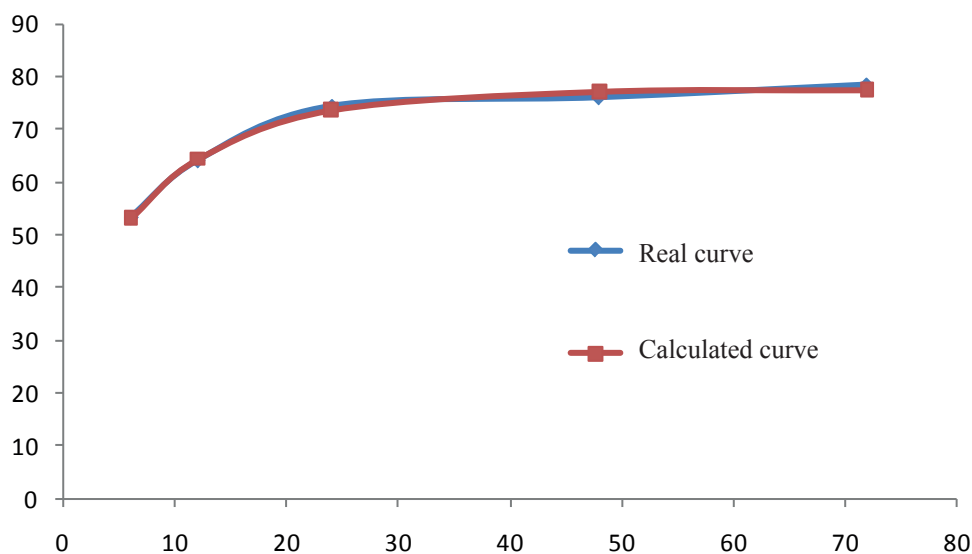


Figure. 1. *In situ* degradability dynamics in rumen of the DM (%) vs time (hours) of *Gliricidia sepium* forage, in ecosystems of the Cauto River, Granma, Cuba.

in situ ruminal degradability of DM and *in vitro* apparent and true digestibility of the DM, OM, NDF and ADF of *Gliricidia sepium* show its high nutritional value for the ruminants of the region. However, physiological studies that relates the cut frequency, degree of use of nutrients by the animal and effect of some secondary metabolites on the physiological and productive responses of the animals when intakes the plants in these edaphoclimatic conditions are required.

superiores a 97.00. Esto demuestra un correcto ajuste de los valores de degradación al modelo (figura 1).

Los resultados del análisis de la composición química, degradabilidad ruminal *in situ* de la MS y digestibilidad aparente y verdadera *in vitro* de la MS, MO, FDN y FDA de *Gliricidia sepium* demuestran su alto valor nutricional para los rumiantes de la región. Sin embargo, se requieren estudios fisiológicos que relacionen la frecuencia de corte, grado de utilización de los nutrientes por el animal y efecto de algunos metabolitos secundarios en las respuestas fisiológicas y productivas de los animales al consumir la planta en estas condiciones edafoclimáticas.

References

- Abdulrazak, S.A.; Muinga, R. W.; Thorpe, W. & Orskov, E.R. 1996. The effects of supplementation with *Gliricidia sepium* or *Leucaena leucocephala* forage on intake, digestion and live-weight gains of *Bos taurus* x *Bos indicus* steers offered napier grass. *Animal Science*, 63:381-388.
- ANKOM Technology. 1998. *In vitro* true digestibility using ANKOM's DAISYII. Fairport, NY. pp.6-8.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 17 th. Ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA.
- Araque C., T. Quijada, R. D'Aubeterre, L. Páez, A. Sánchez & F. Espinoza. 2006. Bromatología del matarátón (*Gliricidia*

- sepium*) a diferentes edades de corte en Urachiche, estado Yaracuy, Venezuela. *Zootecnia Trop.*, 24(4): 393-399.
- Arias, R. C. 2012. Frecuencias de corte en cultivares promisorios de *Pennisetum purpureum* resistentes a la sequía con riego y fertilización orgánica. Master Thesis. Universidad de Granma, Cuba.
- Calsamiglia, S. & Stern, M.D. 1995. A three- step *in vitro* procedure for estimating intestinal digestion of protein in ruminants. *J. Animal Sci.* 73: 1459-1465.
- Choque, H., Huiaita, A., Cardenas, L.A. & Ramos, R. 2018. Effect of regrowth age the ruminal degradation of pisonay (*Erythrina sp.*) in Andean Valley of Abancay. *Journal of High Andean Research* 20(2): 189-202.
- Cruz, J. M., Ray, J. V., Ledea, J. L. & Arias, R. C. 2017. Establecimiento de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* en un ecosistema frágil del Valle del Cauto, Granma. *Rev. Prod. Anim.* 3: 29-35.
- Delgado, D. C. & Cairo, J. 2008. Degradabilidad ruminal del follaje de *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala* en búfalos de río ytoros cebú. *Rev. cubana Cienc. Agríc.* 42(2):375-389.
- Delgado, D.C., La O, O. & Chongo, B. 2007. Composición bromatológica y degradabilidad ruminal *in situ* de leguminosas tropicales herbáceas con perspectivas de uso en los sistemas productivos ganaderos. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 41(4):343-346.
- Delgado, D., La O., O., Chongo, B., Galindo, J., Obregón, Y. & Aldama, A. I. 2001: Cinética de la degradación ruminal *in situ* de cuatro árboles forrajeros tropicales: *Leucaena leucocephala*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Sapindus saponaria* y *Gliricidia sepium*. *Rev. Cubana Cienc. Agríc* 35(2):141-145.
- Domínguez, G. T. Ramírez, G. R. Estrada, E. A. Scott, M. L. 2012. Importancia nutrimental en plantas forrajeras del matorral espinoso tamaulipeco. *Rev. Ciencia UALN*; 15(59):77-93.
- Escobar A. (1996). Estrategias para la suplementación alimenticia de rumiantes en el trópico. En Clavero T. (Ed) Leguminosas Forrajeras Arbóreas en la Agricultura Tropical. Universidad del Zulia. Maracaibo. pp. 76-93.
- Espinosa, B. Ramírez, M. & Sánchez, A. 2018. Estudiando la relación entre la microbiota ruminal y la misión de gases de efecto invernadero, mediante la aplicación de la genómica. *Agroproductividad* 11(2): 3-8.
- Fernández, M. J., Viamonte, I. M., Fonseca, N. & Ramírez, A. 2015. Evaluación de dos cultivares de *Pennisetum purpureum* tolerantes a la sequía en la región de Cauto Cristo, Granma, Cuba. *Rev. Ciencia y Tecnología Ganadera.* 9(1): 23-29.
- Goering, H. K. & van Soest, P. J. 1970. Forage fibre analysis. *Agricultural Handbook No. 379.* Agricultural Research Service, US Dept. of Agriculture, Washington DC.
- Hernández, A., Pérez, J. M. & Boch, D. 1999. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. AGROINFOR, MINAG, C. Habana, Cuba, p. 26.
- Ibáñez, J. 2007. Salinidad de los suelos, estrés hídrico y producción vegetal. Fundación para el conocimiento Madrid. 2007. Available: www.madrimasd.org/universo/2007/12/27/81385.
- Kabajia, E. & Smith, O.B. 1989. Influence of season and age of regrowth on the mineral profile of *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala*. *Tropical Agric.*, 66(2): 125-128.
- Kibon, A. & Orskov E.R. 1993. The use of degradation characteristic of browse plants to predict intake and digestibility by goats. *Animal Prod.* 57:247-251.
- La O. O. 2001. Contribución al estudio del valor nutritivo de diferentes ecotipos del género *Leucaena* para la alimentación de rumiantes. PhD Thesis. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. Cuba.
- La O, O., Delgado, D., Chongo, B. & Castellanos, E.L. 2006. Degradabilidad ruminal de materia seca y nitrógeno total en vacas, en un sistema de pastoreo de gramíneas y leguminosas. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 40:65-70
- La O, O., González, H., Orozco, A., Castillo, Y., Ruiz, O., Estrada, A., Ríos, F., Gutiérrez, E., Bernal H., Valenciaga D., Beatriz, I. Castro, I. & Hernández, Y. 2012. Composición química, degradabilidad ruminal *in situ* y digestibilidad *in vitro* de ecotipos de *Tithonia diversifolia* de interés para la alimentación de rumiantes. *Rev. Cubana. Cienc. Agríc.* 46 (1): 47-53
- La O, O., Solís, M. A. Ruiz, O. González, H. Castillo, Y, Gutiérrez, E. Muro, A. Arzola, C. Rodríguez, C. & Cairo, J. G. 2009. Potencial fermentativo *in vitro* y degradabilidad ruminal *in situ* de materia seca y materia orgánica de Uvita, *Cordia alba* (Jacq), en ecosistemas del oriente de Cuba. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 43 (1):39-44
- La O, O., Valenciaga, D., Ruiz, T. E., Ruiz, O., Castillo, Y., González, H., Rodríguez, C., Alfonso, D., Chongo, B. Arzola, C. & Cairo, J. 2008. Efecto de la edad de corte en la capacidad fermentativa *in vitro* y la dinámica de degradación ruminal *in situ* de materia seca de *Tithonia diversifolia*. *Zootecnia Tropical*, 26 (3). 243-247.
- Ledea, J. L. 2016. Caracterización de la composición químico- nutritiva de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* en condiciones edafoclimáticas del Valle del Cauto. Master Thesis. Universidad de Granma. Cuba.
- Martínez, Y., González, L.A., Martínez, E., Benigno, J., Correa, F. & Ferreira, L. 2017. Percepción comunitaria sobre la extensión forestal para la conservación de la cuenca del río Toa, Cuba. *UNED Research Journal* 10(1): 154-159.
- McDonald, I. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *Journal Agricultural Science.* 96(1): 251-252
- Ørskov, E. R., F. D. DeB. Hovell, & F. Mould. 1980. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Trop. Anim. Prod.* 5: 195-213.
- Ørskov, E. R. & McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.*, 92: 499-503
- Paterson, R.T., Quiroga, L., Sauma, G. & Samur, C. 1983. Crecimiento de novillas Cebú Criollo en la época de seca con acceso limitado a la *Leucaena*. *Prod. Anim. Trop.* 8(2):150-151.
- Pedraza, R.M. 2000. Valoración nutritiva del follaje de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. y su efecto en el ambiente ruminal. PhD Thesis. Instituto de Ciencia Animal. La Habana.
- Pedraza, R.M., La O, O., Estévez, J., Guevara, G. & Martínez S.. 2002. Nota Técnica: Degradabilidad Ruminal Efectiva y Digestibilidad Intestinal *in vitro* Del Nitrógeno Del Follaje De Leguminosas Arbóreas Tropicales. *Pastos y Forrajes Vol.*

26(3): 237-241

- Ramírez, J. L. 2010. Rendimiento y calidad de cinco gramíneas en el Valle del Cauto. PhD Thesis. Universidad de Granma. Instituto de Ciencia Animal. Cuba.
- Ramírez, U., Sanginés, J. E., Escobedo, J. A., Can, F., Rivera, J. A. & Lara, P.E. 2010. Effect of diet inclusion of *Tithonia diversifolia* on feed intake, digestibility and nitrogen balance in tropical sheep. *Agroforest. Syst.* 80: 295-302
- Rodríguez, Y. 2004. Características fitoquímicas y detoxificación de taninos y cumarinas en la comunidad vegetal de un sistema silvopastoril en explotación. Master Thesis. Universidad de la Habana. Cuba.
- Sánchez P., Torres, M.G., Campos, R., Soriano, R., Fernández, F., Medina, G. Del Razo, O.E. & Almaraz, L. 2018. Potencial de emisiones de gases de efecto invernadero de plantas forrajeras por fermentación entérica. *Agroproductividad* 11 (2): 40-45.
- Soriano, R., Arias, L., Carbajal de Noda, M., Almaraz, L. & Torres, M.G. 2018. Cambio climático y ganadería: El papel de la agroforestería. *Agroproductividad* 11 (2): 75-80.
- Stewart, J.L. & Dunsdon, A.J. 1998. Evaluación preliminar de la calidad potencial como forraje de un rango de especies de leucaena. *Pasturas Tropicales.* 20(3): 36-50
- Tolera, A., Seyoum, M. & Sundstol, F. 1998. Nutritive value of *Leucaena leucocephala*, *L. diversifolia* y *L. Pallida* in Awassa, Southern Ethiopia. En *Leucaena - adaptation quality and farming systems.* (H.M. Shelton, R.C. Gutteridge, B.F. Muller y R.A. Bray, Editors). Proceeding of a workshop held in Hanoi, Vietnam 9 -14 February 1998. pp 261.
- Topps, J. H. 1992. Potential composition and use of legume shrubs and trees as fodders for livestock in the tropic. *J. Agri. Science.* 118(1): 1-8

Received: July 31, 2017