

Composición química y mineral de leucaena asociada con pasto estrella durante la estación de lluvias*

Chemical and mineral composition of leucaena associated with star grass during the rainy season

Itzel Santiago Figueroa¹, Alejandro Lara Bueno^{2§}, Luis Alberto Miranda Romero², Maximino Huerta Bravo², Laksmi Krishnamurthy² y Juan Carlos Muñoz-González¹

¹Ciencias en Innovación Ganadera- Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco, km 38.5, Chapingo, Estado de México, C. P. 56230. México. Tel: 595 952 1621. (itzel_bjoe@hotmail.com; agronjuan@hotmail.com). ²Departamento de Zootecnia-Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco, km 38.5, Chapingo, Estado de México, C. P. 56230. México. Tel: 595 952 1621. (mhuertab@taurus.chapingo.mx; alarab_11@hotmail.com; rangelsr@correo.chapingo.mx). [§]Autor para correspondencia: alarab_11@hotmail.com.

Resumen

El objetivo del presente estudio fue determinar la composición química y mineral de la leucaena (*Leucaena leucocephala* Lam. de Wit) y el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) asociados en un sistema silvopastoril intensivo a 35, 42, 49, 56, 63 y 70 días de edad de los rebrotes, durante la época de lluvias, en la región Huasteca potosina de México. Las variables a evaluar fueron los porcentajes de EE, PC, FDA, FDN, Ca, Mg, Na, K y P, relación Ca:P y ppm de Cu, Zn y Fe. Los resultados mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) por efecto de la edad de los rebrotes para el contenido de FDN y Ca los cuales fueron mayores al día 49 mientras Na y P disminuyeron al incrementarse la edad de los rebrotes. Contrariamente, la concentración de FDA, Cu y Fe se incrementaron a mayor edad de los rebrotes ($p < 0.05$). Hubo diferencias entre las especies forrajera ($p < 0.05$) para la mayoría de las variables estudiadas, excepto para los minerales Na, K y Zn. Leucaena tuvo mayor contenido de EE, PC, Ca, Mg, Cu y Fe; pero el pasto estrella tuvo mayor contenido de FDN, FDA y relación Ca:P. La edad de los rebrotes interactuó con las especies forrajeras para el contenido de FDN, Na, K y Zn. Se encontraron deficiencias de Cu, Zn y P en los forrajes estudiados. Se concluye que la asociación leucaena con el pasto estrella mejoró la composición química y mineral del follaje comestible.

Abstract

The aim of this study was to determine the chemical and mineral composition of the leucaena (*Leucaena leucocephala* Lam. de Wit) and star grass (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) associated in an intensive silvopastoral system 35, 42, 49, 56, 63 and 70 day old sprouts during the rainy season, in the Huasteca potosina region of Mexico. The variables evaluated were the percentage of EE, PC, FDA, FDN, Ca, Mg, Na, K and P, ratio Ca:P and ppm Cu, Zn and Fe. The results showed significant differences ($p < 0.05$) by effect of age of suckers for the FDN and Ca which were higher at day 49 while Na and P decreased with increasing age of suckers. In contrast, the concentration of FDA, Cu and Fe increased with increasing age of the volunteers ($p < 0.05$). There were differences between the forage species ($p < 0.05$) for most of the variables studied, except for Na, K and Zn minerals. Leucaena had higher content of EE, PC, Ca, Mg, Cu and Fe; but the star grass had higher content of FDN, FDA and Ca:P ratio. The age of the volunteers interacted with forage species for content FDN, Na, K and Zn. The deficiencies Cu, Zn and P in forages studied were found. It is concluded that leucaena star grass association with improved chemical and mineral composition of edible foliage.

* Recibido: marzo de 2016
Aceptado: mayo de 2016

Palabras clave: especies forrajeras, edad de los rebrotes, forrajes tropicales, sistema silvopastoril intensivo.

Keywords: age of suckers, forage species, intensive silvopastoral system, tropical forages.

Introducción

En las regiones tropicales y subtropicales existe escasez de alimentos de calidad (Pound y Martínez, 1985). Aunque las gramíneas tropicales presentan una alta eficiencia fotosintética que se traduce en mayores tasas de producción de biomasa, éstas poseen características anatómicas, bioquímicas y fisiológicas que las hacen menos eficientes que las gramíneas de clima templado. En esas condiciones los pastos tropicales son de calidad nutricional baja, en términos de energía, proteína y contenidos de minerales (Hernández *et al.*, 2000).

La leucaena (*Leucaena leucocephala* Lam. de Wit) es una leguminosa tropical de elevado valor nutritivo para los rumiantes y es un forraje valioso como ingrediente en raciones para el ganado. Un sistema silvopastoril es una opción de producción pecuaria que involucra el uso de leñosas perennes (árboles o arbustos) que interactúan con los forrajes tradicionales y los animales en un sistema de manejo integral (Pezo y Ibrahim, 1998). Este sistema se caracteriza por la diversificación de sus productos y beneficios, que los hace más favorable en el uso de la tierra, lográndose un adecuado balance entre productividad, estabilidad, biodiversidad y autorregulación del ambiente (Marlats *et al.*, 1995).

El aprovechamiento de la capacidad fotosintética de los estratos múltiples de plantas destinadas a proporcionar alimento para los animales, representa la mayor oportunidad para intensificar la producción pecuaria de manera sostenible (Ibrahim *et al.*, 2006). El objetivo del presente estudio fue determinar la composición química y mineral de la leucaena (*Leucaena leucocephala* Lam. de Wit) y el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) asociados en un sistema silvopastoril intensivo a diferente edad de los rebrotes.

Materiales y métodos

Características de la zona de estudio

El presente estudio se realizó en la Unidad de Producción "El Gargaleote" propiedad de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicada en el Municipio de Tamuín, San Luis

Introduction

In tropical and subtropical regions there is a shortage of quality food (Pound and Martínez, 1985). Although tropical grasses have a high photosynthetic efficiency resulting in higher rates of biomass production, they have anatomical, biochemical and physiological characteristics that make them less efficient than temperate grasses. Under these conditions the tropical grasses are low in nutritional quality, in terms of energy, protein and mineral content (Hernández *et al.*, 2000).

The leucaena (*Leucaena leucocephala* Lam. de Wit) is a tropical legume high nutritional value for ruminants and is a valuable forage as an ingredient in rations for livestock. A silvopastoral system is an option livestock production involving the use of woody perennials (trees or shrubs) that interact with traditional fodder and animals in a comprehensive management system (Pezo and Ibrahim, 1998). This system is characterized by the diversification of its products and benefits, which makes them more favorable land use, achieving a proper balance between productivity, stability, biodiversity and environmental self-regulation (Marlats *et al.*, 1995).

Harnessing photosynthetic capacity of the multiple layers of plants intended to provide food for animals, it represents the greatest opportunity to intensify livestock production sustainably (Ibrahim *et al.*, 2006). The aim of this study was to determine the chemical and mineral composition of the leucaena (*Leucaena leucocephala* Lam. de Wit) and star grass (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) associated in an intensive silvopastoral system at different age of suckers.

Materials and methods

Characteristics of the study area

This study was conducted in the Production Unit "The Gargaleote" property of Universidad Autónoma Chapingo, located in the municipality of Tamuín, San Luis Potosí, in the region known as "The Huasteca Potosina in Mexico". The study area is located between the geographical coordinates

Potosí, en la región conocida como “La Huasteca Potosina de México”. El área de estudio se ubica entre las coordenadas geográficas 24° 29' y 21° 10' latitud norte y 98° 20' y 102° 18' de longitud oeste, a 40 msnm (INEGI, 2005); presenta una condición climática de tipo Aw''o (e) descrito como caliente subhúmedo con lluvias en verano, con temperatura media anual de 26.8 °C y precipitación media anual de 927.7 mm (García, 2004). Los suelos son vertisoles y fluvisoles (según clasificación FAO-UNESCO), profundos y bien drenados, con textura limo arcillosa o areno limosa, con pH alcalino superior a 7.5 debido al origen geológico.

Características de la sparcelas

El estudio se realizó en una hectárea de terreno asociando leucaena y pasto estrella establecidos durante los meses de julio a diciembre de 2010 en un sistema silvopastoril intensivo (Solorio *et al.*, 2009). La parcela experimental fue dividida en 18 lotes de 11.11 x 50 m (555.55 m²). Tres lotes seleccionados aleatoriamente fueron asignados a uno de seis tratamientos que correspondieron a la edad de los rebrotes: 35, 42, 49, 56, 63 y 70 días a partir de la poda reciente de la leucaena a inicio de la época de lluvias.

Obtención y análisis de las muestras

La toma de muestras de follaje consumible de cada especie forrajera se realizó en cada lote por triplicado, en tres sitios de muestreo de 3.2 m² seleccionados aleatoriamente mediante el método de pastoreo simulado Hand Plucking (Penning, 2004) considerando la conducta de pastoreo de ovinos. Las muestras fueron secadas en una estufa de aire forzado a 65 °C para obtener el rendimiento de materia seca, y posteriormente molidas a 2 mm para determinar: materia seca (MS), materia orgánica (MO), cenizas (CEN), extracto etéreo (EE), proteína total (PC) utilizando la metodología de la AOAC (2000); fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) utilizando el método de Van Soest *et al.* (1991). La concentración de cada nutriente se ajustó usando las proporciones 52:48 para leucaena y pasto estrella, respetivamente, a partir del rendimiento de materia seca obtenido de cada especie forrajera durante la época de lluvias. A partir de la fracción inorgánica de cada especie forrajera se determinó el contenido de Ca, Mg, Na, K, Cu, Fe y Zn mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica (Fick *et al.*, 1979) y P por colorimetría (Clesceri *et al.*, 1992).

24° 29' and 21° 10' north latitude and 98° 20' and 102° 18' west longitude, 40 meters (INEGI, 2005); It presents a climatic condition Aw''o type (e) described as hot subhumid with summer rains, with annual average temperature of 26.8 °C and annual rainfall of 927.7 mm (García, 2004). Soils are vertisoles and fluvisoles (according to FAO-UNESCO classification), deep and well drained, textured silt or silty clay sandy, with alkaline pH above 7.5 due to geological origin.

Features of parcels

The study was conducted on a hectare of land associating star grass and leucaena established during the months of July to December 2010 in an intensive silvopastoral system (Solorio *et al.*, 2009). The experimental plot was divided into 18 batches of 11.11 x 50 m (555.55 m²). Three batches selected randomly were assigned to one of six treatments that corresponded to the age of suckers: 35, 42, 49, 56, 63 and 70 days from the recent pruning of leucaena at the beginning of the rainy season.

Collection and analysis of samples

The sampling consumable foliage of each forage species was performed on each batch in triplicate, in three sampling sites 3.2 m² randomly selected by the method of simulated grazing Hand Plucking (Penning, 2004) considering the behavior of grazing sheep. The samples were dried in a forced air oven at 65 °C to obtain the dry matter yield and subsequently crushed to 2 mm to determine dry matter (MS), organic matter (MO), ash (CEN), ether extract (EE), total protein (PC) using the methodology of the AOAC (2000); neutral detergent fiber (FDN) and acid detergent fiber (FDA) using the method of Van Soest *et al.* (1991). The concentration of each nutrient is adjusted using the proportions 52:48 to leucaena and star grass, respectively, from dry matter yield obtained from each forage species during the rainy season. Since the inorganic fraction of each forage species content of Ca, Mg, Na, K, Cu, Fe and Zn it was determined by the method of atomic absorption spectrophotometry (Fick *et al.*, 1979) and P by colorimetry (Clesceri *et al.*, 1992).

Statistical analysis

The data were analyzed using the general linear model (GLM) of SAS (2004) with the following statistical model:

$$Y_{ij} = \mu + ER_i + EF_j + \varepsilon_{ij}$$

Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante el modelo lineal general (GLM) del programa SAS (2004) con el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + ER_i + EF_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde: Y_{ij} = valor de la variable de respuesta, correspondiente a la i -ésima edad de rebrote en la j -ésima especie forrajera, μ = media general, ER_i = efecto del i -ésima edad de rebrote ($i = 35, 42, 49, 56, 63, 70$), EF_j = efecto de j -ésima especie forrajera (leucaena, gramíneas), y ε_{ijk} = error aleatorio \sim NIID ($0, \sigma^2$). Se utilizó la prueba de Tukey (Steel *et al.*, 1997) para la comparación de las medias de tratamientos.

Resultados y discusión

Efecto de la edad de los rebrotes (ER) en la composición química y mineral de leucaena y pasto estrella

No hubo diferencias ($p > 0.05$) de EE y PC entre las edades de rebrote. La edad de los rebrotes mostró diferencias ($p < 0.05$) en el porcentaje de FDN y FDA. La edad de los rebrotes mostró diferencias ($p < 0.05$) en las concentraciones de Ca, Mg, Na, P, Cu y Fe. El Cuadro 1 muestra los efectos de la edad de los rebrotes (ER) en las variables de composición química y mineral de la leucaena y el pasto estrella asociados en un sistema silvopastoril intensivo.

Extracto etéreo (EE) y proteína cruda (PC)

Contrario a lo mencionado por Lorenzo *et al.* (2012) quienes mencionan que se puede producir un proceso de dilución de nitrógeno (N), en el cual la relación de la PC con otros componentes de la materia seca (MS) disminuye, debido al crecimiento alcanzado por el pasto, por las condiciones favorable de luz, temperatura y humedad. Según Jarillo-Rodríguez *et al.* (2011) la dilución de la proteína puede atribuirse al incremento de la producción de MS, lo que incrementa el porcentaje de tallos y el aumento del contenido de pared celular, ya que son elementos que afectan la digestibilidad y PC de los pastos. Sin embargo, en este caso el contenido similar de EE y PC entre las edades de los rebrotes puede atribuirse a una respuesta positiva de la leucaena asociada con pasto estrella aportando nitrógeno fijado al suelo y otros nutrientes de capas más profundas del

Where: Y_{ij} = value of the response variable corresponding to the i -th age of regrowth in the j th forage species, μ = general mean Eri effect of the i -th age of regrowth ($i = 35, 42, 49, 56, 63, 70$), EF_j = effect of j -th forage species (leucaena, grasses) and ε_{ijk} = random error \sim NIID ($0, \sigma^2$). Tukey test (Steel *et al.*, 1997) was used to compare treatment means.

Results and discussion

Effect of age of the volunteers (ER) in chemical and mineral composition of leucaena and star grass

There were no differences ($p > 0.05$) EE and PC between the ages of regrowth. The age of the volunteers showed differences ($p > 0.05$) in the percentage of FDN and FDA. The age of the volunteers showed differences ($p > 0.05$) in the concentrations of Ca, Mg, Na, P, Cu and Fe. In the Table 1 shows the effects of the age of the volunteers (ER) in the variables of chemical composition and leucaena ore and star grass associated in an intensive silvopastoral system.

Ether extract (EE) and crude protein (PC)

Contrary to what mentioned by Lorenzo *et al.* (2012) who report that can produce a dilution process nitrogen (N), in which the ratio of the PC with other components of the dry matter (MS) decreases due to the growth achieved by the grass, the conditions favorable light, temperature and humidity. According Jarillo-Rodríguez *et al.* (2011) diluting the protein can be attributed to increased production of MS, which increases the percentage of stems and increased cell wall content, as they are elements that affect the digestibility of grasses and PC. However, in this case the similar content of EE and PC between the ages of flare-ups can be attributed to a positive response from the leucaena associated with star grass providing fixed nitrogen to the soil and other nutrients from deeper soil layers allowing the tissue plant of both forage species maintained high nutritional quality (Sánchez *et al.*, 2007).

Neutral detergent fiber (FDN) and acid detergent fiber (FDA)

The content of FDA, older increased to 54.8% cut to 70 days; FDN and a higher percentage at 49 days with 69% was observed; however, these increases were moderate, allowing

suelo permitiendo que el tejido vegetal de ambas especies forrajeras mantuvieran alta calidad nutricional (Sánchez *et al.*, 2007).

the plant tissue of both forage species maintained a higher nutritional quality (Sánchez *et al.*, 2007). These results agree with those reported by Lara *et al.* (2013) who observed

Cuadro 1. Efecto de la edad de los rebrotes (ER) sobre la composición química y mineral de leucaena y pasto estrella asociados en un sistema silvopastoral intensivo.

Table 1. Effect of the age of the volunteers (ER) on the chemical composition and mineral leucaena and star grass associated in an intensive silvopastoral system.

Componente	Edad de los rebrotes						EEM ^x	Pr<F ^y
	35	42	49	56	63	70		
EE (%)	2.4 ^a	2.01 ^a	2.53 ^a	2.2 ^a	1.99 ^a	2.5 ^a	0.26	0.552
PC (%)	16.72 ^a	16.54 ^a	17.04 ^a	16.79 ^a	16.69 ^a	15.36 ^a	0.66	0.562
FDA (%)	64.45 ^{ab}	62.58 ^{ab}	69.09 ^a	56.36 ^b	64.83 ^{ab}	64.45 ^{ab}	2.40	0.031
FDN (%)	36.31 ^b	30.85 ^b	39.29 ^b	36.63 ^b	39.73 ^b	54.88 ^a	3.34	0.001
Ca (%)	0.19 ^{ab}	0.18 ^b	0.21 ^a	0.18 ^b	0.18 ^b	0.18 ^b	0.01	0.003
Na (%)	0.25 ^{ab}	0.25 ^{ab}	0.25 ^{ab}	0.24 ^b	0.25 ^{ab}	0.26 ^a	0.01	0.006
Mg (%)	0.17 ^b	0.21 ^{ab}	0.19 ^{ab}	0.21 ^{ab}	0.25 ^a	0.24 ^a	0.01	0.002
K (%)	2.01 ^a	2.05 ^a	2.15 ^a	2.1 ^a	2.09 ^a	2.03 ^a	0.06	0.665
P (%)	0.21 ^{ab}	0.21 ^{ab}	0.22 ^a	0.19 ^b	0.2 ^{ab}	0.21 ^{ab}	0.01	0.002
Ca:P	0.95 ^a	0.97 ^a	1 ^a	1 ^a	0.99 ^a	0.92 ^a	0.45	0.562
Cu (ppm)	7.91 ^b	7.49 ^b	8.69 ^a	7.96 ^{ab}	6.44 ^c	6.22 ^c	0.18	0.001
Fe (ppm)	126.3 ^a	124.3 ^{ab}	123.2 ^b	122 ^b	122.4 ^b	129.7 ^a	1.33	0.003
Zn (ppm)	22 ^a	22.52 ^a	22.03 ^a	21.21 ^a	21.23 ^a	22.46 ^a	0.37	0.064

EE= extracto etéreo; PC= proteína cruda; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido; ^{ab}= medias con diferente literal muestran diferencias significativas entre columnas; ^y= error estándar de la media; ^x= nivel de significancia.

Fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA)

El contenido de FDA, aumentó a mayor edad de corte con 54.8% a los 70 días; y en FDN se observó un mayor porcentaje a los 49 días con 69%; sin embargo, esos incrementos fueron moderados, permitiendo que el tejido vegetal de ambas especies forrajeras mantuvieran una mayor calidad nutricional (Sánchez *et al.*, 2007). Estos resultados concuerdan con los reportados por Lara *et al.* (2013) quienes observaron un incremento en el contenido de FDN y FDA de leucaena y pasto estrella al aumentarse la edad del rebrote, pero difieren con Maya *et al.* (2006) quienes no encontraron diferencias entre los periodos de corte para los mismos componentes de la pared celular de ambas especies forrajeras; sin embargo, difieren de los obtenidos por Maya *et al.* (2005) quienes no encontraron diferencias significativas para los componentes de la pared celular entre periodos de corte. Sin embargo, se han reportado aumentos en la concentración de fibras a mayor

an increase in the NDF and FDA of leucaena and star to increased pasture regrowth age, but differ with Maya *et al.* (2006) who found no difference between periods of cut for the same components of the cell wall of both forages; however, they differ from those obtained by Maya *et al.* (2005) who found no significant differences for the components of the cell wall between cutting periods. However, they have been reported increases in the concentration of fibers older cutting, because when mature tissues lignification process is given, increasing the fibrous fraction of the cell wall (Martínez and Reyes, 2013).

Minerals

The concentrations of Ca, P and Cu decreased with increasing age of the volunteers, while Fe, Na and Mg increased, showing the highest to 70 days after pruning values, which can be explained because several of these elements remain constant in mature organs and stems of

edad de corte, debido a que cuando los tejidos maduran se da un proceso de lignificación, aumentándose la fracción fibrosa de la pared celular (Martínez y Reyes, 2013).

Minerales

Las concentraciones de Ca, P y Cu disminuyeron a mayor edad de los rebrotes, mientras que Fe, Na y Mg se incrementaron, mostrando los valores más altos a 70 días después de la poda, lo cual es posible explicar debido a que varios de estos elementos se mantienen constantes en los órganos maduros y en los tallos de las plantas (Gomide y Zometa, 1976). De acuerdo con Minson (1990) hay una mayor concentración de P en forrajes tiernos comparados con forrajes maduros lo que corresponde a una mayor acumulación de este elemento durante el crecimiento activo de las pasturas en condiciones de mayor humedad en el suelo. La relación Ca:P no mostró diferencias significativas por efecto de la edad de los rebrotes, sin embargo, calcio aumentó y fósforo disminuyó a medida que la planta fue madurando.

Los niveles de PC en todas las edades de los rebrotes fueron superiores o adecuados para cubrir los requerimientos de ovinos y bovinos en pastoreo (Sánchez y Faria-Marmol, 2008). El contenido de FDN y FDA se ubican entre los estándares normales reportados por otros investigadores comparando leguminosas y gramíneas en diferentes edad de los rebrotes (Nouel *et al.*, 2005; Sánchez *et al.*, 2007). En cuanto a los minerales estudiados, considerando los requerimientos mínimos de minerales en la dieta de los ovinos (NRC, 1985), en el orden de 0.3, 0.1, 0.1, 0.5, 0.25% y 2.0:1.0 de Ca, Na, Mg, K, P y relación Ca:P, respectivamente, y de Cu, Fe y Zn en el orden de 10, 50 y 30 ppm, los forrajes analizados presentaron deficiencias de Ca, P, Cu y Zn, así como una menor relación Ca:P.

Esto puede deberse a niveles bajos de esos minerales en el suelo, así como a una mayor dilución de los minerales debido a la época de lluvias. Las concentraciones bajas de Cu, Zn y P, así como las concentraciones altas de Fe y K en los forrajes en la época de lluvias con base a los requerimientos de los ovinos, coincide con lo previamente reportado por Muñoz-González *et al.* (2014) quienes reportaron concentraciones de Cu, Fe y Zn de 4.93, 253 y 31 mg/kg y de Ca, Mg, Na, K y P de 0.31, 0.23, 0.09, 196 y 0.22 %, respectivamente, en forrajes tropicales en la época de lluvias en el noreste de Chiapas; estos autores mencionan que los forrajes presentan menores concentraciones de minerales en la época de lluvias comparado con la época seca.

plants (Gomide and Zometa, 1976). According to Minson (1990) there is a greater concentration of P in tender forages mature forages compared with corresponding to increased accumulation of this element during active growth of pastures in wetter conditions on the ground. The Ca:P ratio showed no significant differences due to the age of suckers, however, increased calcium and phosphorus decreased as the plant matured.

The PC levels in all ages of the sprouts were higher or adequate to meet the requirements of sheep and cattle grazing (Sánchez and Faria-Marmol, 2008). The content of NDF and FDA are among the normal standards reported by other researchers comparing legumes and grasses in different age of the volunteers (Nouel *et al.*, 2005; Sánchez *et al.*, 2007). As for the minerals studied considering the minimum requirements for minerals in the diet of sheep (NRC, 1985), in the order of 0.3, 0.1, 0.1, 0.5, 0.25% and 2.0:1.0 Ca, Na, Mg, K, P and Ca:P ratio, respectively, and Cu, Fe and Zn in the order of 10, 50 and 30 ppm, forages analyzed showed deficiencies of Ca, P, Cu and Zn, and a lower ratio Ca:P.

This may be due to low levels of these minerals in the soil, as well as greater dilution of minerals due to the rainy season. The low concentrations of Cu, Zn and P, as well as high concentrations of Fe and K in forages in the rainy season based on the requirements of sheep, coincides with previously reported by Muñoz-González *et al.* (2014) who they reported concentrations of Cu, Fe and Zn of 4.93, 253 and 31 mg/kg and Ca, Mg, Na, K and P of 0.31, 0.23, 0.09, 196 and 0.22%, respectively, in tropical forages the rainy season in the northeastern Chiapas; these authors mention that forages have lower concentrations of minerals in the rainy season compared to the dry season.

Other studies in Mexico Morales *et al.*, (2007); Domínguez-Vara and Huerta Bravo (2008) in temperate forages; Vieyra-Alberto *et al.*, (2013); Muñoz-González *et al.* (2014) in forages tropical climate reported variations in the concentration of minerals between seasons, so the development of further research is needed to determine the composition nutrimental of forages evaluated in this study during the dry season. Supplementation is recommended with Cu, Zn and P during the rainy season to correct any deficiencies in animals that consume the feed in the study area.

Otros estudios en México Morales *et al.*, (2007; Domínguez-Vara y Huerta Bravo (2008) en forrajes de clima templado; Vieyra-Alberto *et al.* (2013); Muñoz-González *et al.* (2014) en forrajes de clima tropical reportan variaciones en la concentración de minerales entre las épocas del año, por ello es necesario el desarrollo de otras investigaciones para conocer la composición nutricional de los forrajes evaluados en este estudio en la época seca del año. Se recomienda la suplementación con Cu, Zn y P durante la época de lluvias para corregir las posibles deficiencias en los animales que consuman los forrajes en la zona de estudio.

Efecto de la especie forrajera (EF) en la composición química y mineral de leucaena y pasto estrella

En el Cuadro 2 se muestran los efectos de la especie forrajera sobre la composición química y mineral.

Hubieron diferencias significativas ($p < 0.05$), en el contenido de EE, PC, FDA, FDN, Ca, Mg relación Ca:P, Cu y Fe entre leucaena y pasto estrella, sin embargo, las concentraciones de Na, P, K y Zn fueron similares para ambas especies.

Extracto etéreo (EE) y proteína cruda (PC)

Leucaena mostró valores más altos para EE y PC. El EE fue 203% mayor en leucaena al porcentaje EE del pasto estrella, mientras que PC fue 175% superior en la leguminosa que en la gramínea. En leucaena Clavero (2011) reporta mayores contenidos de PC al de este estudio con 30.4%. Esto puede vincularse a que las leguminosas son fijadoras de N con raíces profundas que aumentan la disponibilidad de los nutrientes a través de la fijación biológica, reciclaje o bombeo de nutrientes desde capas profundas hacia la superficie del suelo (especialmente en zonas secas) y acumulación de materia orgánica en el suelo (Rao *et al.*, 1998). Además, comparadas con especies de gramíneas tropicales, las leguminosas son capaces de sintetizar altos niveles de PC con una tasa relativamente baja de disminución de este componente a medida que la planta madura (Rincón, 2011).

Fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA)

Leucaena mostró valores menores ($p < 0.05$) para los componentes de la pared celular (FDA y FDN). El contenido de FDN y FDA fue menor en leucaena que en pasto estrella (135 y 59%), respectivamente. Los menores niveles de fibras en las leguminosas se ha observado benefician el consumo

Effect of forage species (EF) in the chemical and mineral composition of leucaena and star grass

In the Table 2 shows the effects of forage species on the chemical and mineral composition are shown.

There were significant differences ($p < 0.05$), the content of EE, PC, FDA, FDN, Ca, Mg, ratio Ca:P, Cu and Fe between leucaena and star grass, however, concentrations of Na, P, K and Zn were similar for both species.

Cuadro 2. Efecto de la especie forrajera (EF) sobre la composición química y mineral de la leucaena y el pasto estrella en un sistema silvopastoril intensivo.

Table 2. Effect of forage species (EF) on the chemical and mineral composition of leucaena and star grass in an intensive silvopastoral system.

Componente	Especie		EEM ^x	Pr<F ^y
	Leucaena	Pasto estrella		
EE (%)	3.42 ^a	1.13 ^b	0.15	0.001
PC (%)	24.17 ^a	8.88 ^b	0.38	0.001
FDA (%)	23.63 ^b	55.6 ^a	1.93	0.001
FDN (%)	49.02 ^b	78.23 ^b	1.39	0.001
Ca (%)	0.23 ^a	0.15 ^b	0.01	0.001
Na (%)	0.22 ^a	0.21 ^a	0.01	0.216
Mg (%)	0.33 ^a	0.18 ^b	0.01	0.001
K (%)	2.06	2.06	0.03	0.948
P (%)	0.28 ^a	0.14 ^b	0.01	0.001
Ca:P	0.81 ^b	1.14 ^a	0.02	0.001
Cu (ppm)	11.32 ^a	3.58 ^b	0.1	0.001
Fe (ppm)	141.2 ^a	108.1 ^b	0.76	0.001
Zn (ppm)	22.1 ^a	21.72 ^a	0.21	0.216

EE=extracto etéreo; PC=proteína cruda; FDN=fibra detergente neutro; FDA=fibra detergente ácido; ^{ab}=medias con diferente literal muestran diferencias significativas entre columnas; ^x= error estándar de la media; ^y= nivel de significancia.

Ether extract (EE) and crude protein (PC)

The Leucaena showed higher values for EE and PC. The EE was 203% higher in leucaena the percentage EE star grass, while PC was 175% higher in the legume in the grass. In leucaena Clavero (2011) reported higher contents of PC to this study with 30.4%. This can be linked to that legumes are fixers N with deep roots that increase the availability of nutrients through biological fixation, recycling or pumping nutrients from deeper layers to the surface of the soil

de nutrientes en los animales. Por ejemplo, se ha observado que en ovinos suplementados con leguminosas, el consumo de materia orgánica (MO) y PC se incrementan (Abreu *et al.*, 2004), según Weisbjerg y Soegaard (2008) el mayor consumo de leguminosas comparadas con las gramíneas pudiera ser, entre otras causas, a diferencias en la estructura química y el contenido de fibra.

Esto lo atribuyen a que las leguminosas tienen una menor concentración de FDN total, pero una mayor concentración de lignina que las gramíneas, y que esta lignina está ligada a una baja proporción de la FDN indigerible, por lo que existe una mayor proporción de FND digerible en las leguminosas que en las gramíneas. Según Wilson y Kennedy (1996) en las leguminosas, la lignina se encuentra solo en el xilema, por lo que este es completamente indigerible, mientras que en el resto de los tejidos no hay lignina y las paredes celulares son completamente digeribles.

Sin embargo, según Buxton y Russell (1988) en las gramíneas la lignina se encuentra distribuida en todos los tejidos de la planta, excepto en el floema, por lo tanto, la menor cantidad de lignina que poseen las gramíneas protegen una mayor cantidad de paredes celulares de la degradación ruminal, lo que provoca que la tasa de digestión de la pared celular sea menor que en las leguminosas. Lo anterior puede relacionarse con los efectos positivos que diferentes estudios han mostrado los de la inclusión de especies leguminosas y su efecto en la producción de leche en diferentes especies rumiantes (Razz y Clavero, 1997; Steinshamn, 2010) y ganancias de peso (Combellas *et al.*, 1999; Verdolak y Zorate, 2008; Benavides-Calvache *et al.*, 2010).

Minerales

Para Ca, Cu y Mg, el contenido fue 46, 86 y 31% mayor en leucaena que en pasto estrella, mientras que la relación Ca:P fue 43% mayor en pasto estrella. Lara *et al.* (2013) reportaron mayor aporte de Ca y P en la leucaena, mientras que Vivas *et al.* (2012) observaron en leucaena mayor porcentaje de Ca y Cu comparado con otras gramíneas; mientras que Gomide y Zometa (1976) observaron mayor porcentaje de Mg en la leguminosa. El contenido de fierro fue elevado en ambas especies forrajeras, incluso por encima del nivel crítico para rumiantes (McDowell y Arthington, 2005). Las concentraciones de Fe en las gramíneas de este estudio son congruentes con los de Vieyra-Alberto *et al.* (2013) quienes reportaron en promedio 116.5 ppm de Fe; sin embargo,

(especially in dry areas) and accumulation organic matter in the soil (Rao *et al.*, 1998). In addition, compared with species of tropical grasses, legumes are capable of synthesizing high levels of PC with a relatively low rate of decline in this component as the plant matures (Rincón, 2011).

Neutral detergent fiber (FDN) and acid detergent fiber (FDA)

Leucaena showed lower values ($p < 0.05$) for the components of the cell wall (FDA and FDN). The content of FDN and FDA was lower in leucaena than star grass (135 and 59%) respectively. The lowest levels of fiber in legumes benefit has been observed nutrient intake in animals. For example, it has been observed that in sheep supplemented with legumes, consumption of organic matter (MO) and PC increase (Abreu *et al.*, 2004), according Weisbjerg and Soegaard (2008) increased consumption of legumes compared with grasses it may be, *inter alia*, to differences in the chemical structure and the fiber content.

This is attributed to that legumes have a lower concentration of total FDN, but a higher concentration of lignin than grasses, and this lignin is linked to a low proportion of the indigestible NDF, so there is a greater proportion of indigestible FDN in legumes than in grasses. According to Wilson and Kennedy (1996) in legumes, lignin is found only in the xylem, so this is entirely indigestible, while in other tissues no lignin and the cell walls are completely digestible.

However, according Buxton and Russell (1988) in grasses lignin is distributed in all tissues of the plant, except in the phloem, therefore, the least amount of lignin which have grasses protect more of walls rumen cell, causing the rate of digestion of the cell wall is less than in legumes. This may relate to the positive effects that different studies have shown the inclusion of leguminous species and their effect on milk production in different ruminant species (Razz and Clavero, 1997; Steinshamn, 2010) and weight gain (Combellas *et al.*, 1999; Verdolak and Zorate, 2008; Benavides-Calvache *et al.*, 2010).

Minerals

For Ca, Cu and Mg, the content was 46, 86 and 31% higher than in leucaena than star grass, while the Ca:P ratio was 43% higher in star grass. Lara *et al.* (2013) reported greater intake of Ca and P in leucaena, while Vivas *et al.* (2012) observed

reportan menores concentraciones de K y P en el orden de 0.15 y 0.07%, respectivamente, en gramíneas de la Huasteca Potosina, México.

Muñoz *et al.* (2014) reportan concentraciones de minerales en diferentes especies de gramíneas en el sureste de México en el orden de 0.36, 0.27, 0.13, 1.66, 0.2% de Ca, Mg, Na, K y P, respectivamente, y de 6.18, 274.25, 36.5 ppm de Cu, Fe y Zn, respectivamente, destacando niveles altos de Fe y niveles bajos de Cu y P, respecto al requerimiento de los bovinos. Concentraciones insuficientes de P, Cu, Zn y Se en forrajes tropicales fueron reportadas en otras regiones del país (Castañeda, 2012), aunque las deficiencias de Cu y Se suelen corresponder a suelos alcalinos y por antagonismo con altos niveles de Fe, S y Mo (Suttle, 2010). Aun con esta problemática, el sistema silvopastoril leucaena-pasto estrella, incrementa el contenido mineral y la calidad de la dieta de los rumiantes en pastoreo.

Minson (1990) menciona que existen diferencias en forrajes (materia seca) de distinta especie y diferente clima, por ejemplo en las concentraciones de Cu en leguminosas de clima tropical y templado con 3.9 y 7.8, de Zn 40 y 38 mg kg⁻¹, respectivamente; en gramíneas de clima tropical y templado con concentraciones de Cu de 7.8 y 4.7, de Zn 36 y 34 mg kg⁻¹, respectivamente. Para Suttle (2010) las leguminosas aportan más minerales que las gramíneas lo cual podría explicar el balance de minerales observado en nuestro estudio. Sin embargo, la relación Ca:P fue baja lo cual puede ocasionar un desequilibrio entre ambos minerales (Ceballos, 2004).

En cuanto a los requerimientos mínimos de minerales de los ovinos (NRC, 1985) leucaena y el pasto estrella presentaron bajas concentraciones de Ca; sin embargo, Huerta (2003) la deficiencia de Ca en rumiantes pastoreando gramíneas es muy rara y nunca ocurre en leguminosas. Ambos forrajes también presentan deficiencias de Zn, además, la gramínea presenta concentraciones de P y Cu menores a los requerimientos de los ovinos.

Es necesario mencionar la importancia que estos minerales tienen en el organismo de los animales, ya que el Cu es un componente necesario de la enzimas antioxidantes superóxido dismutasa (SOD) y ceruloplasmina (Waldron, 2010) importantes para prevenir la oxidación y peroxidación de tejido (Spears y Weiss 2010), mientras el Zn es necesario para la síntesis de metalotionina que ayuda a la eliminación de radicales libres y a mantener la integridad del tejido

in leucaena highest percentage of Ca and Cu compared to other grasses; while Gomide and Zometa (1976) observed higher percentage of Mg in the legume. The iron content was high in both forage species, even above the critical level for ruminants (McDowell and Arthington, 2005). The Fe concentrations in grasses of this study are consistent with those of Vieyra-Alberto *et al.* (2013) who reported an average of 116.5 ppm of Fe; however, reported lower concentrations of K and P in the order of 0.15 and 0.07%, respectively, in grasses of the Huasteca Potosina, Mexico.

Muñoz *et al.* (2014) reported concentrations of minerals in different grass species in southeastern Mexico in the order of 0.36, 0.27, 0.13, 1.66, 0.2% of Ca, Mg, Na, K and P, respectively, and 6.18, 274.25, 36.5 ppm of Cu, Fe and Zn, respectively, highlighting high levels of Fe and low levels of Cu and P, with respect to the requirement of cattle. Insufficient levels of P, Cu, Zn and tropical forages were in were reported in other regions of the country (Castañeda, 2012), although Cu deficiency and is usually correspond to alkaline soils and antagonism with high levels of Fe, S and Mo (Suttle, 2010). Even with these problems, the silvopastoral system leucaena-star grass, increases the mineral content and quality of the diet of ruminants grazing.

Minson (1990) mentions that there are differences in forage (dry matter) of different species and different climate, for example in concentrations of Cu in legumes tropical and temperate with 3.9 and 7.8, Zn 40 and 38 mg kg⁻¹, respectively; in grasses of tropical and temperate climate with concentrations of 7.8 and 4.7 Cu, Zn 36 and 34 mg kg⁻¹, respectively. To Suttle (2010) provide more legumes than grasses minerals which could explain the balance of minerals observed in our study. However, the Ca:P ratio was low which can cause an imbalance between the two minerals (Ceballos, 2004).

As for the minimum requirements of minerals sheep (NRC, 1985) leucaena and star grass presented low concentrations of Ca; however, Huerta (2003) Ca deficiency in ruminants grazing grasses is very rare and never occurs in legumes. Both forages also deficient Zn also presents the grass P and Cu concentrations under the requirements of ovine.

It is necessary to mention the importance of these minerals are in the body of animals, that Cu is a necessary component of important antioxidant enzymes superoxide dismutase (SOD) and ceruloplasmin (Waldron, 2010) to prevent oxidation and peroxidation of tissue (Spears and Weiss 2010), while Zn is necessary for the synthesis of metallothionein that

epitelial y para la formación de keratina la cual proporciona una barrera fisiológica contra la infección (O'Rourke 2009). Es importante mencionar la mayor capacidad de extracción de nutrientes por la leucaena, por lo que es necesario que nuevas se continúen investigando lo posibles beneficios de su asociación con otros forrajes.

Conclusión

Los componentes celulares: extracto etéreo y proteína cruda no fueron afectados por la edad de los rebrotes en ambas especies forrajeras; sin embargo, leucaena tuvo mayor contenido de grasa y proteína que pasto estrella. Ambas especies asociadas incrementaron la disponibilidad de la proteína en la dieta. Las paredes celulares se incrementaron a mayor edad del follaje comestible en ambas especies, pero el contenido de FDN y FDA fue mayor en pasto estrella. La concentración de Ca, P y Cu disminuyeron a mayor edad de corte, mientras que magnesio, hierro y sodio aumentaron a mayor edad del follaje debido a que estos minerales se acumulan en los órganos y tallos de plantas maduras. La relación Ca:P fue mayor en pasto estrella por su menor contenido de calcio en dicho forraje. Ca, P, Cu y Zn deben suplementarse en época de lluvias a rumiantes pastoreando leucaena asociada con pasto estrella. Hubo deficiencias de Cu, Zn y P en los forrajes estudiados por lo que se recomienda la suplementación con estos minerales a los animales que consumen estos forrajes.

Literatura citada

- Abreu, G. D.; Schuch, L. O. e Maia, M. D. S. (2004). Análise do crescimento de aveia branca (*Avena sativa* L.) em cultivo companheiro com leguminosas forrageiras. *Revista Agronomia*. Seropédica. 38(1):16-21.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th. Ed. Arlington, VA, US.
- Benavides-Calvache, C. A.; Valencia-Murillo, M. y Estrada-Álvarez, J. 2010. Efecto de la veranera forrajera (*Cratylia argentea*) sobre la ganancia de peso de ganado doble propósito. *Vet. Zootec.* 4:23-27.
- Buxton, D. R. and Russell, J. R. 1988. Lignin constituents and cell-wall digestibility of grass and legume stems. *Crop Sci.* 28:553-558.
- Castañeda, C. S. 2012. Diagnóstico mineral de ganado bovino en condiciones de trópico húmedo. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. México. 71 p.
- Ceballos, M. A. 2004. Desequilibrios minerales de bovinos en sistemas silvopastoriles, Grupo de Investigación Salud Productiva en Bovinos, Porcinos y Equinos, Universidad de Caldas. Manizales, Colombia.

helps removing free radicals and maintain the integrity of epithelial tissue and the formation of keratin which provides a physiological barrier against infection (O'Rourke 2009). It is important to mention the increased capacity of extraction of nutrients by leucaena, so it is necessary that new will continue investigating what possible benefits from their association with other forages.

Conclusion

The cellular components: ether extract and crude protein were not affected by the age of suckers in both forage species; however, leucaena had more fat and protein than star grass. Both species associated increased availability of dietary protein. The cell walls increased the older the edible foliage in both species, but the content of NDF and FDA was higher in star grass. The concentration of Ca, P and Cu decreased cutting at an older age, while magnesium, iron and sodium increased the older the foliage because these minerals build up in organs and stems of mature plants. The Ca:P ratio was higher in star grass because of its lower calcium content in said fodder. Ca, P, Cu and Zn should be supplemented during the rainy season grazing ruminants leucaena associated with star grass. There were deficiencies of Cu, Zn and P in forages studied so supplementation animals consuming these forages is recommended with these minerals.

End of the English version



- Clavero, T. 2011. Agroforestería en la alimentación de rumiantes en América Tropical. *Revista de la Universidad del Zulia. Ciencias del Agro, Ingeniería y Tecnología.* 2:11-35.
- Clesceri, S. L.; Greenberg, E. A. y Trusseli, R. R. 1992. Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. Ed. Díaz De Santos. España. pp:187-195.
- Combellas, J.; Ríos L.; Osea, A. y Rojas, J. 1999. Efecto de la suplementación con follaje de leguminosas sobre la ganancia en peso de corderas recibiendo una dieta basal de pasto de corte. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 16: 211-216.
- Domínguez-Vara, I. A. y Huerta-Bravo, M. 2008. Concentración e interrelación mineral en suelo, forraje y suero de ovinos durante dos épocas en el Valle de Toluca, México. *Agrociencia.* 42: 173-183.
- Fick, K., R.; McDowell, L. R.; Miles, P. H.; Wilkinson, N. S.; Funk, J. D.; Conrad, J. D. y Valdivia, R. 1979. Métodos de Análisis de Minerales para Tejidos de Plantas y Animales. Segunda edición. Universidad de Florida, Gainesville, Florida, USA. 358 p.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (5a ed.). Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía. México.

- Gomide, J. A. y Zometa, A. T. 1976. Composición mineral de los forrajes cultivados bajo condiciones tropicales. Departamento de Ciencia Animal. Universidad de Florida. 39-46 pp.
- Hernández, D.; Carballo, M. y Reyes, F. 2000. Reflexiones sobre el uso de los pastos en la producción sostenible de leche y carne de res en el trópico. *Pastos y Forrajes* 23:269-284.
- Huerta, B. M. 2003. Signos de deficiencia y respuestas a la suplementación mineral del ganado en pastoreo. *In: Memoria del Curso Suplementación Mineral de Ganado en Zonas Áridas y Semiáridas*. Agosto de 2003. Monterrey, N. L. pp: 48-64.
- Ibrahim, M.; Villanueva, C.; Casasola, F. y Rojas, J. 2006. Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y restauración de la integridad ecológica de paisajes ganaderos. *Pastos y Forrajes*. 29:383-419.
- INEGI. 2005. México en Cifras: Información Nacional por Entidad Federativa y Municipios, San Luis Potosí. México.
- Lara, B. A.; Reyes, C. A.; Martínez, M. M.; Miranda, R. L. A.; Huerta, B., M. y Krishnamurthy, L. 2013. Composición nutrimental de la leucaena (*Leucaena leucocephala* Lam. De Wit) asociada con pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) en la región huasteca potosina de México. *Memorias: XXIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción*. La Habana, Cuba.
- Marlats, R. M.; Denegri, G.; Ansín, O. E. y Lanfranco, J. W. 1995. Sistemas silvopastoriles: Estimación de beneficios directos comparados con monoculturas en la pampa ondulada. Argentina. *Agroforestería en las Américas*. 8:20-25.
- Maya, G. E.; Durán, C. V. y Ararat, J. E. 2006. Valor nutritivo del pasto estrella solo y en asociación con leucaena a diferentes edades de corte durante el año. *Acta Agronómica*. 54(4):41-46.
- McDowell, L. R. y Arthington, J. D. 2005. *Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales*. 4ª. Ed. Universidad de Florida, Grinnessville, Florida. 94 p.
- Morales, A. E.; Domínguez, V. I., González-Ronquillo, M.; Jaramillo, E. G.; Castelán, O. O.; Pescador, S. N. y Huerta, B. M. 2007. Diagnóstico mineral en forraje y suero sanguíneo de bovinos lecheros en dos épocas en el valle central de México. *Técnica Pecuaria México*. 45(3): 329-344.
- Muñoz-González, J. C.; Huerta-Bravo, M.; Rangel-Santos, R.; Lara-Bueno, A. and De la Rosa-Arana, J. L. 2014. Mineral assessment of forage in mexican humid tropics. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 17:285-287.
- Nouel, G.; Prado, M.; Villasmil, F. y Rincón, J. 2005. Consumo y digestibilidad de raciones con leguminosas del semiárido, Leucaena y paja de arroz amonificada para cabras. *In: Memorias de la XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción*. Tampico, México. 17: 497-499.
- NRC. 1985. *Nutrient Requirements of Domestic Animals. Nutrients Requirements of Sheep*. Sixth Revised Edition. National Academies Press, Washington, D. C. USA. 112 p.
- Penning, P. D. 2004. Animal-based techniques for estimating herbage intake. *Herbage intake handbook*. 2:53-94.
- Pezo, D. e Ibrahim, M. 1998. *Sistemas silvopastoriles*. Módulo de enseñanza agroforestal No. 2. IICA/CATIE. 204 p.
- Pound, B. y Martínez, C. L. 1985. *Leucaena: su cultivo y utilización*. Overseas Development Administration London. 289 p.
- Rao, M. R.; Nair, P. K. and Ong, C. K. 1998. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. *Agroforestry Systems*. 38:3-50.
- Razz, R. y Clavero, T. 1997. Producción de leche en vacas suplementadas con harina de *Gliricidia sepium*. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 5(1):127-128.
- Rincón, J. 2011. Establecimiento y manejo de leguminosas arbóreas de importancia forrajera en zonas semiáridas de Venezuela. *En: Innovación & Tecnología en la Ganadería Doble Propósito*. González-Stagnaro C, Madrid-Bury N, Soto Belloso E (eds). Fundación GIRARZ. Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo, Venezuela. Capítulo XXIX: 277-289.
- Sánchez, A. G. y Faria M. J. 2008. Efecto de la edad de la planta en el contenido de nutrientes y digestibilidad de *Leucaena leucocephala*. *Zootecnia Tropical*. 26:133-139.
- Sánchez, G. A.; González, C. J. y Faria, M. J. 2007. Evolución comparada de la composición química con la edad al corte en las especies *Leucaena leucocephala* y *L. trichodes*. *Zootecnia Tropical*. 25:233-236.
- SAS. 2004. *SAS/STAT 9.1. User's Guide*. Vol. 1-7. SAS Publishing. Cary, NC, USA. 5180 p.
- Solorio, S. F.; Bacab, H.; Castillo, J. B.; Ramírez, L. y Casanova F. 2009. Potencial de los sistemas silvopastoriles en México. *In II Congreso sobre sistemas silvopastoriles intensivos*. Morelia, Michoacán, México. 10 p.
- Steel, R. G. D.; Torrie, J. H. and Dickey, D. A. 1997. *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach*. 3rd ed. McGraw-Hill Series in Probability and Statistics. USA
- Steinshamn, H. 2010. Effect of forage legumes on feed intake, milk production and milk quality-a review. *Animal Science Papers and Reports*. 28:195-206.
- Suttle, N. F. 2010. *Mineral Nutrition of Livestock*. 4th Edition. CABI Publishing. UK. 587 p.
- Van Soest, P. J.; Robertson, J. B. y Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74:3583-3597.
- Verdoljak, J. O. y Zórate, P. 2008. *Uso de Leguminosas Tropicales en la Alimentación de Ovinos de Pelo*. INTA-Argentina. Informe de Investigación. Obtenido el 20 de agosto de 2013. <http://inta.gov.ar/personas/verdoljak.juan>.
- Vieyra-Alberto, R.; Domínguez-Vara, I. A.; Olmos-Oropeza, G.; Martínez-Montoya, J. F.; Borquez-Gastelum, J. L.; Palacio-Nuñez, J.; Lugo, J. A. y Morales-Almaráz, E. 2013. Perfil e interrelación mineral en agua, forraje y suero sanguíneo de bovinos durante dos épocas en la huasteca potosina, México. *Agrociencia*. 47:121-133.
- Vivas, M. E. F.; Rosado, R. G.; Castellanos, R. A.; Heredia, A. M. y Cabrera, T. E. 2012. Contenido mineral de forrajes en predios de ovinocultores del estado de Yucatán. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 2:465-475.
- Weisbjerg, M. R. and Soegaard, K. 2008. Feeding value of legumes and grasses at different harvest times. *In: Proceedings of 22nd General meeting of the European Grassland Federation*. Hopkins A, Gustafson T, Nilsdotter-Linde N, Spörndly E (eds). *Grassland Science in Europe*. 13: 513-515.
- Wilson, J. R. and Kennedy, P. M. 1996. Plant and animal constraints to voluntary feed intake associated with fibre characteristics and particle breakdown and passage in ruminants. *Australian Journal of Agricultural Research*. 47:199-225.