

Simultaneous association of different tree species with Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum*)

Asociación simultánea de diferentes especies arbóreas con Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum*)

Y. Sardiñas¹, Alejandra Del Viento² and J. M. Palma²

¹Departamento de Pastos y Forrajes, Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

²CUIDA - FMVZ, Universidad de Colima, Av. Gonzalo de Sandoval 444, CP 28045, Colima, México
Email: yurangel@ica.co.cu

The initial performance of the simultaneous association between high sowing density of tree species and Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum*) was characterized through a random blocks design with a factorial arrangement (4 x 5) and four replications. Factors were determined by treatments and growth from 15 to 75 days old: T1) alternate furrows of CT-115 - leucaena (*Leucaena leucocephala*) cv. Peru; T2) CT-115 - leucaena - CT-115 - gliricidia (*Gliricidia sepium*); T3) CT-115 - leucaena - CT-115 - moringa (*Moringa oleifera*) and T4) CT-115 - leucaena - CT-115 - caesealpinia (*Caesealpinia platyloba*). Results showed interaction for all variables corresponding to trees. The highest number of plants m⁻¹ ($P \leq 0.001$) corresponded to moringa at 45 d from sowing (8.65) and it did not differ from leucaena at 60 d. The lowest population ($P \leq 0.001$) was shown in leucaena at 15 d, without differences from gliricidia, except at 15 d. Moringa reached the highest height ($P \leq 0.001$) with 104.69 cm at 75 d. The lowest height was found in leucaena at 15 d with a mean value of 3.71 cm. Leucaena showed the lowest insertion values of the first branch ($P \leq 0.001$), while moringa reached 30.35 cm long. In CT-115, there were no differences among treatments, only among growth ages. It can be concluded that moringa had the best performance during the initial development stage in the simultaneous association with CT-115.

Key words: *silvopastoral system, forages, trees, high density*

The loss of vegetal cover in cattle rearing agroecosystems, together with inadequate agricultural practices, is a synonym of degradation of natural and improved grasslands, which may transform productive areas into fragile ecosystems (Febles and Ruiz 2009). Implementation of silvopastoral systems with high sowing density is a growing subject of interest in many regions of Latin America. This responds to the need of reducing the effects of grass degradation and to the intention of diversifying farms to preserve biodiversity and increase carbon sequestration (Dias-Filho 2007, Ibrahim *et al.* 2007, Anguiano *et al.* 2013).

In this sense, one of the most used tree species is leucaena (*Leucaena leucocephala*) (Anguiano *et al.* 2012, Hou *et al.* 2015). Gliricidia (*Gliricidia sepium*) is also used for cutting and carrying (Palma 2011), and moringa (*Moringa oleifera*) due to its high sowing density and multiple uses (Nouman *et al.* 2014).

Se caracterizó el comportamiento inicial de la asociación simultánea entre especies arbóreas con alta densidad de siembra y Cuba CT-115 (*Pennisetumpurpureum*) mediante un diseño de bloques al azar con arreglo factorial (4 x 5) y cuatro réplicas. Los factores estuvieron determinados por los tratamientos y el crecimiento de 15 hasta 75 d de edad: T1) surcos alternos de CT-115 - leucaena (*Leucaena leucocephala*) vc. Perú; T2) CT-115 - leucaena - CT-115 - gliricidia (*Gliricidia sepium*); T3) CT-115 - leucaena - CT-115 - moringa (*Moringa oleifera*) y T4) CT-115 - leucaena - CT-115 - coral (*Caesealpinia platyloba*). Los resultados mostraron interacción para todas las variables correspondientes a las arbóreas. El mayor número de plantas m⁻¹ ($P \leq 0.001$) correspondió a moringa a 45 d de la siembra (8.65) y no difirió de leucaena a los 60 d. La menor población ($P \leq 0.001$) se apreció en leucaena a los 15 d, sin diferir de gliricidia, excepto a los 15 d. Moringa alcanzó la mayor altura ($P \leq 0.001$) con 104.69 cm a los 75 d. La altura menor se encontró en leucaena, a los 15 d con valor promedio de 3.71 cm. Leucaena presentó menores valores de inserción de la primera rama ($P \leq 0.001$), mientras que moringa alcanzó 30.35 cm de longitud. En el CT-115 no hubo diferencias entre tratamientos, solo hubo diferencias entre edades de crecimiento. Se concluye que moringa fue la arbórea de mejor comportamiento durante la etapa de desarrollo inicial en la asociación de forma simultánea con CT-115.

Palabras clave: *sistema silvopastoril, forrajes, árboles, alta densidad.*

La pérdida de la cobertura vegetal en agroecosistemas ganaderos, unido a prácticas agrícolas inadecuadas, es sinónimo de degradación de pastizales mejorados y naturales, lo que puede convertir las zonas productivas en ecosistemas frágiles (Febles y Ruiz 2009). La implementación de sistemas silvopastoriles con alta densidad de siembra es objeto de interés creciente en diversas regiones de América Latina. Esto obedece a la necesidad de atenuar los efectos de la degradación de los pastos y a la intención de diversificar las fincas para conservar la biodiversidad e incrementar el secuestro de carbono (Dias-Filho 2007, Ibrahim *et al.* 2007, Anguiano *et al.* 2013).

En este sentido, una de las especies arbóreas que más se utiliza es la leguminosa leucaena (*Leucaena leucocephala*) (Anguiano *et al.* 2012, Hou *et al.* 2015). También se destacan la gliricidia (*Gliricidia sepium*) para corte y acarreo (Palma 2011), y la moringa (*Moringa oleifera*) por su alta densidad de siembra y múltiples

García and Linares (2012) stated that there are species that may be included on silvopastoral systems as shade trees, live fences or as timber sources, like caesealpinia (*Caesalpinia platyloba*).

There are herbaceous species with potential for biomass production and proper quality (Herrera *et al.* 2014, Herrera 2015), like *Pennisetum purpureum* Schumach. In Cuba and other countries from Latin America, like Mexico, this species is well spread in areas for cattle rearing, but mostly on single-crop systems. The use of this species could be an attractive option for producers who wish to have agroecosystems in their farms, with a wide range of diversification and sustainability in the meantime. Therefore, the objective of this research was to characterize the initial performance of simultaneous association between tree species with high sowing density and Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum*).

Materials and Methods

Experimental procedure. A random block design was used, with factorial arrangement (4 x 5) and four replications. Factors were determined by treatments and growth from 15 up to 75 days old.

The experiment was developed on a sandy loam soil (IUSS Working Group WRB 2014). Before the application of treatments, a sampling of the soil from the experimental area was carried out. For that purpose, three samples were taken, composed by three subsamples each, from 0 to 20 cm deep. At the lab from INIFAT, in Colima, a group of physical and chemical properties were determined. Later, a soil preparation was performed by means of two sweeps of a truck with 7,500 kg of weight. Plots of 80 m² (8 x 10 m) and furrows of 0.80 m were marked. Before sowing the trees, all seeds, except moringa, were scarified by the method proposed by Toral and González (1999). For a minute, four species were submerged in watery solution of Aloe vera at 25 % and were mixed with 1 kg of diatomaceous earth with high content of silica, up to obtaining a homogeneous bleaching.

Tree sowing was conducted in rows, at 2 cm deep, leaving 15 seeds m⁻¹ and 1.60 m between furrows, which mean a density superior to 90,000 plants ha⁻¹.

Plantation of Cuba CT-115 was performed according to the methodology proposed by Padilla and Curbelo (2005). Stems were spread at the bottom of the furrows with juxtaposed tips, and covered, at 25 cm deep. Treatments were divided as follows: T1) alternate furrows of CT-115 - leucaena; T2) CT-115 -leucaena - CT-115 - gliricidia; T3) CT-115 - leucaena - CT-115 - moringa and T4) CT-115 - leucaena - CT-115 - caesealpinia. It is important to point out that limiting furrows of each plot corresponded to CT-115.

Evaluated variables. Variables evaluated were number of plants m⁻¹, plant height (cm) from soil surface to apex of the branch from the main stem, basal diameter

usos (Nouman *et al.* 2014).

García y Linares (2012) plantearon que existen especies que se pueden incorporar en los sistemas silvopastoriles como árboles de sombra, cercas vivas o como fuentes maderables, como en el caso del coral (*Caesalpinia platyloba*).

Unido a lo anterior, existen especies herbáceas con potencial de producción de biomasa y calidad adecuadas (Herrera *et al.* 2014, Herrera 2015), como *Pennisetum purpureum* Schumach. En Cuba y otros países de América Latina, como México, esta especie está muy difundida en áreas de la ganadería, pero mayoritariamente en sistemas de monocultivo. La utilización de estas especies pudiera resultar una opción atractiva para productores que deseen tener en su finca agroecosistemas con amplio rango de diversificación y sostenibilidad en el tiempo. Por ello, el objetivo de esta investigación fue caracterizar el comportamiento inicial de la asociación simultánea entre especies arbóreas con alta densidad de siembra y Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum*).

Materiales y Métodos

Procedimiento experimental. Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial (4 x 5) y cuatro réplicas. Los factores estuvieron determinados por los tratamientos y el crecimiento de 15 hasta 75 d de edad.

El experimento se desarrolló en un suelo franco arenoso (IUSS Working Group WRB 2014). Antes de aplicar los tratamientos, se realizó muestreo de suelo en el área experimental. Para ello se efectuaron tres muestras compuestas con tres submuestras cada una, de 0 a 20 cm de profundidad. En el laboratorio del INIFAT, en Colima, se determinó un grupo de propiedades físico químicas. Posteriormente, se realizó una preparación del suelo mediante dos pases de rastra de 7 500 kg. Se marcaron parcelas de 80 m² (8 x 10 m) y surcos de 0.80 m. Antes de la siembra de las arbóreas, a todas las semillas, excepto las de moringa, se les aplicó el método de escarificación propuesto por Toral y González (1999). Durante un minuto, las cuatro especies se embebieron en una solución acuosa de sábila (Aloe vera) al 25 % y se mezclaron con 1 kg de tierra de diatomea con alto contenido de sílice, hasta obtener un blanqueado homogéneo.

La siembra de las arbóreas fue a chorrillo, a profundidad de 2 cm, dejando 15 semillas m⁻¹ y distancia entre surcos de 1.60 m, lo que significó una densidad superior a 90 000 plantas ha⁻¹.

La plantación de Cuba CT-115 se efectuó mediante la metodología propuesta por Padilla y Curbelo (2005). Se esparcieron los tallos en el fondo del surco con las puntas yuxtapuestas, tapados a 25 cm de profundidad. Los tratamientos se ubicaron de la siguiente forma: T1) surcos alternos de CT-115 - leucaena; T2) CT-115 -leucaena - CT-115 - gliricidia; T3) CT-115 - leucaena - CT-115 - moringa y T4) CT-115 - leucaena - CT-115 - coral. Es preciso señalar que los surcos extremos de cada parcela correspondieron a CT-115.

of the main stem (cm), number of leaves and height of insertion of the first branch (cm).

In Cuba CT-115 grass, variables measured were number of plants m^{-1} , number of leaves stem $^{-1}$, number of stems plant $^{-1}$ and plant height (cm).

Sampling of trees was performed from 15 d after sowing and in CT-115, from 30 d after plantation.

Statistical analysis of data. Data processing was performed with InfoStat statistical package, version 1.0 (Di Rienzo *et al.* 2001). In the necessary cases, Duncan (1955) test was applied. Variables number of plants m^{-1} , number of leaves stem $^{-1}$, number of stems plant $^{-1}$ and number of branches plant $^{-1}$ were transformed through \sqrt{n} .

Results and Discussion

Results of soil analysis showed low content of organic matter (1.79 %) and of asimilable phosphorus (1.29 mg 100 g^{-1}), a field capacity of 14.23 % and usable humidity of 6.48 %. This information indicated that natural soil fertility conditions of this research were not favorable. Despite this fact, results achieved in all plant components were similar to those indicated in the literature for the studied species and evaluated growth ages.

The emergence of the four tree species began from the fourth day after sowing, with a predominance of moringa and caesealpinia.

Table 1 indicates interaction for factors under study (treatments/growth age). At 15 d, moringa had the highest emergence with 9.28 plant m^{-1} , which represented a population of 58,000 plants ha^{-1} . At the end of the research, mean population of leucaena and moringa was superior to 20,000 plants ha^{-1} , which is a value within the range described by Ibrahim *et al.* (2007) for high sowing densities in silvopastoral systems. However, gliricidia and caesealpinia were not higher than 12,000 and 17,300 plants ha^{-1} , respectively.

Attack of insects and wild animals to leucaena plants appeared at 75 d old, which could be related to the decrease of the population of this species.

Variables evaluadas. Se midió el número de plantas m^{-1} , la altura de la planta (cm) a partir de la superficie del suelo hasta el ápice de la rama del tallo principal, el diámetro basal del tallo principal (cm), número de hojas y la altura de inserción de la primera rama (cm).

En el pasto Cuba CT-115 se midieron las variables número de plantas m^{-1} , número de hojas tallo $^{-1}$, número de tallos planta $^{-1}$ y altura de la planta (cm).

Los muestreos en las arbóreas se realizaron a partir de los 15 d de edad posteriores a la siembra y en el CT-115 a partir de los 30 d de la plantación.

Análisis estadístico de los datos. El procesamiento de la información se efectuó con el paquete estadístico InfoStat, versión 1,0 (Di Rienzo *et al.* 2001). En los casos necesarios, se aplicó la dócima de comparación de medias de Duncan (1955). Las variables número de plantas m^{-1} , número de hojas tallo $^{-1}$, número de tallos planta $^{-1}$ y número de ramas planta $^{-1}$ se transformaron mediante \sqrt{n} .

Resultados y Discusión

Los resultados del análisis del suelo mostraron contenido de materia orgánica (MO) bajo, con valor de 1.79 % y contenido de fósforo de 1.29 mg 100 g^{-1} , una capacidad de campo de 14.23 % y humedad aprovechable de 6.48 %. Lo anterior indicó que las condiciones de fertilidad natural del suelo en las que se desarrolló la investigación no eran adecuadas. A pesar de ello, los resultados que se alcanzaron en todos los componentes vegetales fueron similares a los indicados en la literatura para las especies en estudio y las edades de crecimiento evaluadas.

La emergencia de las cuatro especies arbóreas comenzó a partir del cuarto día posterior a la siembra, con predominio de moringa y coral.

En la tabla 1 se indica la interacción para los factores en estudio (tratamientos/edad de crecimiento). A los 15 d, la arbórea de mayor emergencia fue moringa con 9.28 planta m^{-1} , lo que representó una población de 58 000 plantas ha^{-1} . Al final de la investigación se logró una media poblacional en leucaena y moringa superior a 20 000 plantas ha^{-1} , valor que se encuentra en el rango descrito por Ibrahim *et al.* (2007) para altas densidades de siembra en sistemas silvopastoriles. Sin embargo, gliricidia y coral no superaron

Table 1. Number of plants m^{-1} of the four tree species during the period of evaluation of the system in association with CT-115.

Growth age	Tree species			
	Leucaena	Moringa	Gliricidia	Caesealpinia
15	1.37 ^h (2.00)	2.96 ^{ab} (9.28)	2.05 ^{cd} (4.25)	1.97 ^d (4.00)
30	1.78 ^e (3.22)	2.86 ^{ab} (8.28)	1.43 ^{gh} (2.18)	1.78 ^e (3.23)
45	2.89 ^g (8.50)	3.03 ^a (9.50)	1.53 ^{feh} (2.38)	1.60 ^g (2.60)
60	2.91 ^{ab} (8.50)	2.82 ^b (8.00)	1.47 ^{feh} (2.20)	1.58 ^{fg} (2.58)
75	2.16 ^c (4.72)	2.85 ^b (8.65)	1.37 ^h (1.93)	1.64 ^{ef} (2.78)
SE (\pm)	0.05***			

Means with different letters differ at $P < 0.05$ (Duncan 1955)

() Original values; *** $P \leq 0.001$

Figure 1 represents the interaction among factors treatment, growth age and height of trees. Moringa reached the highest height with 104.69 cm at the end of evaluation (75 d). This species had a growth speed of 1.34 cm per day. In the association with CT-115 (figure 2), there were no negative effect on the inter-specific competence. These results evidence the possibility of establishing moringa at the same time of grasses of large size like CT-115.

las 12 000 y 17 300 plantas ha⁻¹, respectivamente.

En el área experimental hubo ataque de insectos y animales silvestres a las plantas de leucaena a los 75 d de edad, lo que se pudiera relacionar con la disminución de la población de esta especie.

La figura 1 representa la interacción entre los factores tratamientos, edad de crecimiento y altura de las arbóreas. Moringa alcanzó la mayor altura con 104.69 cm al finalizar la evaluación (75 d). Esta especie

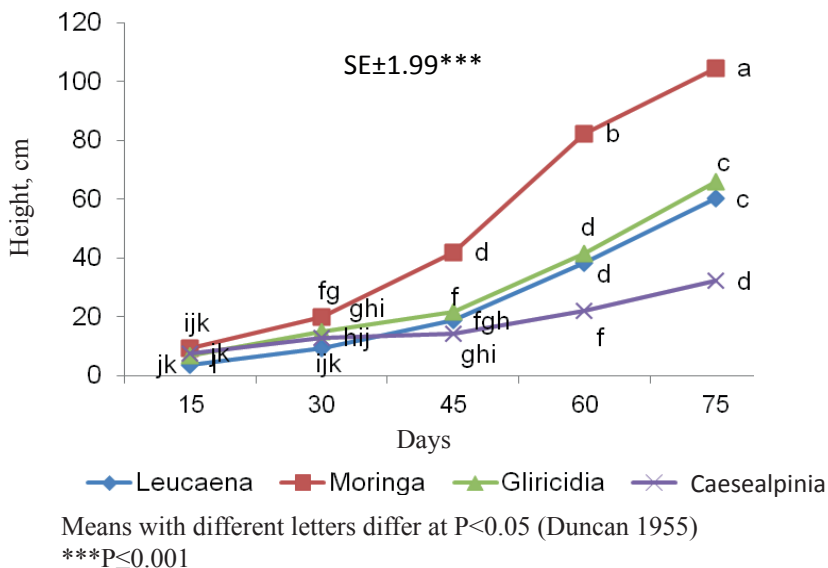


Figure 1. Performance of height during the experimental period in four tree species

Leucaena had the lowest height, at 15 d after sowing, with a mean value of 3.71 cm. At 75 d of growth, this species had a height of 60.25 cm, superior to that reported by Wencomo and Ortiz (2010), after evaluating 23 accessions of leucaena, but under greenhouse conditions.

Anguiano *et al.* (2012) evaluated the agronomical performance of leucaena in populations of 40,000 plants ha⁻¹, under similar soil conditions to this experiment. At 70 d, leucaena reached 63.89 cm. While plant density grows, interspecific competence is superior and, therefore, plantlets from the initial stage of growth reach a higher height.

In gliricidia, height at 75 d was similar to leucaena. Caesealpinia was not superior to 35 cm high after 75 d of growth. It is important to point out that usable humidity of 6.48 %, within the sandy loam soil, may have had an unfavorable influence on growth of these plant species.

Table 2 indicates the interaction for factors under study in relation to the insertion of the first branch from the soil.

Leucaena had the lowest insertion (1.59 and 4.01 cm) at 15 and 75 d old, respectively. Febles and Ruiz (2008), after evaluating different origins of leucaena, from CIAT of Colombia, determined that insertion of the first branch, between 0 and 8 cm, was one of the

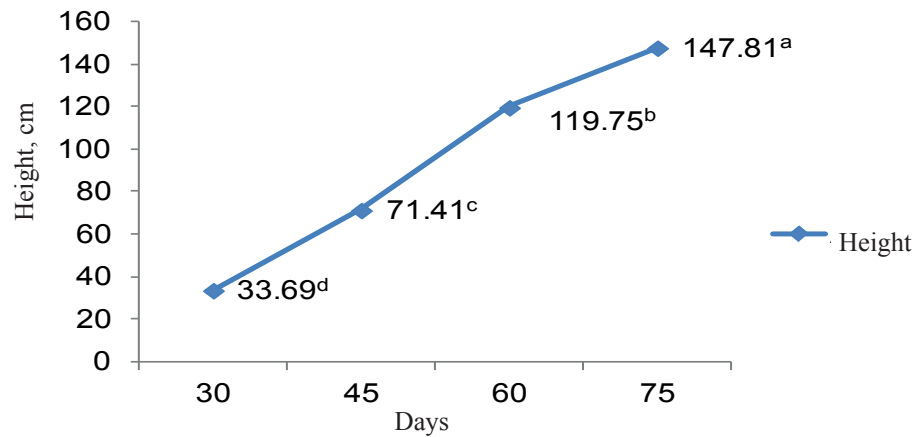
tuvo velocidad de crecimiento de 1.34 cm por día. En la asociación con CT-115 (figura 2) no hubo efecto negativo desde el punto de vista de la competencia inter-específica. Estos resultados evidencian la posibilidad de establecer la moringa de forma simultánea con las gramíneas de porte alto como el CT-115.

La menor altura se encontró en leucaena, a los 15 d de efectuar la siembra con valor promedio de 3.71 cm. A los 75 d de crecimiento esta especie tuvo una altura de 60.25 cm, valor superior al informado por Wencomo y Ortiz (2010), cuando evaluó 23 accesiones de leucaena, pero en condiciones de vivero.

Anguiano *et al.* (2012) evaluaron el comportamiento agronómico de leucaena en poblaciones de 40 000 plantas ha⁻¹, en condiciones de suelo similares a las de este experimento. A los 70 d, la leucaena alcanzó 63.89 cm. A medida que se incrementa la densidad de plantas, la competencia inter-específica es superior y por tanto, las plántulas en la etapa inicial del crecimiento alcanzan mayor altura.

En gliricidia, la altura a los 75 d de edad fue similar a leucaena. El coral no superó 35 cm de altura, transcurridos 75 d de crecimiento. Es preciso señalar que la humedad aprovechable de 6.48 %, presente en el suelo franco arenoso, quizás influyó desfavorablemente en el crecimiento de las especies vegetales.

En la tabla 2 se indica la interacción para los factores



Means with different letters differ at $P < 0.05$ (Duncan 1955). *** $P < 0.001$

Figure 2. Height of Cuba CT-115 grass during the evaluation period

Table 2. Introduction of the first branch (cm) during 75 days of evaluation in four tree species

Growth age	Tree species			
	Leucaena	Moringa	Gliricidia	Caesealpinia
15	1.59 ^a	3.68 ^{bcd}	4.17 ^{de}	4.36 ^{def}
30	2.01 ^a	4.31 ^{def}	4.43 ^{def}	4.43 ^{def}
45	2.22 ^{ab}	4.52 ^{def}	4.23 ^{de}	4.47 ^{def}
60	2.61 ^{abc}	11.41 ^h	7.38 ^g	5.51 ^{ef}
75	4.01 ^{cde}	30.35 ⁱ	10.62 ^h	5.90 ^f
SE (\pm)	0.05***			

Means with different letters differ at $P \leq 0.05$ (Duncan 1955)

*** $P < 0.001$

characteristics that defined the use of these plant for grazing.

Although the range of insertion of the first branch, between 0 and 8 cm, according to cited authors, included only the study of leucaena, it could be used as reference for other species like moringa. In this case, it was 30.35 cm at 75 d.

In the international literature, there are results on the usefulness of moringa for forage production (Ramos *et al.* 2015), but not for grazing systems. This could be related to the length of insertion of the first branch from soil surface.

Other of the considered variables for evaluating tree performance was the number of branches plant⁻¹. Table 3 shows the interaction among studied factors.

In gliricidia, there were 18.40 branches at 75 d of growth. This result was superior to that found by Palma (1997), who pointed out that, in populations of 40,000 plants ha⁻¹, at 150 d of establishment, there were nine branches. In the meantime, in this study, at only half of the time and similar population, the amount of branches was duplicated.

Caesealpinia was the species with less amount of branches plant⁻¹, which may be associated to the lowest height reached in the last sampling (figure 1).

en estudio en relación con la inserción de la primera rama a partir del suelo.

Se encontró en leucaena la menor inserción (1.59 y 4.01 cm) a los 15 y 75 d de edad, respectivamente. Febles y Ruiz (2008), después de evaluar diferentes procedencias de leucaena, provenientes del CIAT de Colombia, determinaron que la inserción de la primera rama, entre 0 y 8 cm, era unas de las características que definía el uso de esta planta para el pastoreo.

Aunque el rango de inserción de la primera rama, que estuvo entre 0 y 8 cm según los autores citados, incluyó solo el estudio en leucaena, se pudiera tomar como referencia para otras especies como la moringa. En este caso, fue de 30.35 cm a los 75 d.

En la literatura internacional se muestran resultados acerca de la utilidad de la moringa para producción de forraje (Ramos *et al.* 2015), pero no en sistemas de pastoreo. Esto se pudiera asociar al efecto animal en el fraccionamiento de los tallos. Lo anterior se pudiera relacionar con la longitud de inserción de la primera rama a partir de la superficie del suelo.

Otra de las variables que se consideró para evaluar el comportamiento de las arbóreas fue el número de ramas planta⁻¹. En la tabla 3 se muestra la interacción entre los factores en estudio.

En gliricidia se encontraron 18.40 ramas a los 75

Table 3. Number of branches per planta⁻¹ of each species during the initial stage of growth

Growth age	Tree species			
	Leucaena	Moringa	Gliricidia	Caesealpinia
15	1.88 ^k (3.60)	2.33 ^{hi} (5.48)	2.10 ^j (5.43)	1.73 ^k (3.05)
30	2.69 ^{ef} (7.40)	3.21 ^d (10.45)	2.82 ^e (8.13)	2.29 ⁱ (5.47)
45	3.38 ^{cd} (11.88)	3.48 ^c (12.00)	3.40 ^{cd} (11.65)	2.48 ^{gh} (5.47)
60	3.56 ^c (12.85)	3.38 ^{cd} (11.50)	3.92 ^b (15.54)	2.72 ^e (7.50)
75	3.77 ^b (14.43)	3.23 ^d (10.58)	4.25 ^a (18.40)	2.54 ^{fg} (6.48)
SE (±)	0.05***			

Means with different letters differ at $P \leq 0.05$ (Duncan 1955)

() Real values *** $P \leq 0.001$

Analyzing the stem diameter, table 4 indicates interaction among factors under study. Moringa had the highest basal diameter, at 60 and 75 d, with 1.07 and 1.03 cm, respectively, differing ($P \leq 0.001$) from the rest of treatments. In that order, gliricidia followed with 0.84 cm. This value was superior to that reported by Palma (1997), finding a basal diameter of 0.93 cm in 150 d of the plant.

Regarding the performance of CT-115, in association with tree species, there were no differences

d de crecimiento. Este resultado fue superior al que encontró Palma (1997), al señalar que en poblaciones de 40 000 plantas ha⁻¹, a los 150 d de establecimiento se obtuvieron nueve ramas. Mientras que en este trabajo, a solo la mitad del tiempo y con población similar, se duplicó la cantidad de ramas.

El coral fue la especie con menos cantidad de ramas planta⁻¹, lo que se puede asociar a la menor altura que alcanzó en el último muestreo (figura 1).

Al analizar el diámetro del tallo, en la tabla 4 se indica

Table 4. Base diameter of stems from soil surface, in four tree species during the experimental period

Growth age	Tree species			
	Leucaena	Moringa	Gliricidia	Caesealpinia
15	0.19 ^h	0.33 ^f	0.32 ^f	0.28 ^{fg}
30	0.22 ^{gh}	0.43 ^e	0.33 ^f	0.28 ^{fg}
45	0.30 ^f	0.69 ^c	0.48 ^{de}	0.32 ^g
60	0.42 ^e	1.03 ^a	0.68 ^c	0.44 ^e
75	0.51 ^d	1.07 ^a	0.84 ^b	0.47 ^{de}
SE (±)	0.05***			

Means with different letters differ at $P < 0.05$ (Duncan 1955)

() Real values *** $P \leq 0.001$

in any of the variables. This is explained because this grass was established at the same time and manner in each plot where trees were sown, without modification of its management during the assay. Differences appeared during different moment of evaluation of this grass.

Table 5 indicates some morphological variables and its performance during the experimental period.

At 15 d of sowing, the sampling was omitted during the appearance of CT-115 buds. The first sampling was carried out at 30 d, when the number of plants m⁻¹ was 2.31. The highest value was found at 45 d. During the last two samplings, population decreased regarding previous samplings. Herrera *et al.* (2007), indicated values of 2.50 plants m⁻¹ at 80 d of sowing CT-115.

Evaluating the number of leaves stem⁻¹, between 60 and 75 d, the highest value was found. The highest amount of stems bunches⁻¹ was confirmed at the end of

la interacción entre los factores en estudio.

Se observó en moringa el mayor diámetro basal, a los 60 y 75 d, con 1.07 y 1.03 cm, respectivamente, al diferir ($P \leq 0.001$) del resto de los tratamientos. En ese orden, le continuó gliricidia con 0.84 cm. Este valor fue superior al que informó Palma (1997), al encontrar diámetro basal de 0.93 cm en 150 d de edad de la planta.

En cuanto al comportamiento del CT-115 en asociación con las especies arbóreas, no hubo diferencias en ninguna de las variables. Esto se explica porque el pasto se estableció en el mismo momento y forma en cada parcela donde se sembraron las arbóreas, sin modificación de su manejo durante el ensayo. Las diferencias se presentaron durante los distintos momentos de evaluación de la gramínea.

En la tabla 5 se indican algunas variables morfológicas y su comportamiento durante el período experimental.

A los 15 d de la plantación, apenas emergieron las yemas del CT-115 y se omitió el muestreo. El primer

Table 5. Performance of morphological variables of CT-115 in the period of evaluation

Agronomical variables	Growth days				SE (\pm)
	30	45	60	75	
Number of plants m^{-1}	1.51 ^b (2.31)	1.57 ^a (2.50)	1.43 ^c (2.06)	1.43 ^c (2.06)	0.5***
Number of leaves stem ⁻¹	2.86 ^c (8.21)	3.03 ^b (9.25)	3.51 ^a (12.40)	3.56 ^a (12.71)	0.03***
Number of stems bunches ⁻¹	1.57 ^c (2.53)	1.72 ^b (3.24)	1.84 ^b (3.52)	2.94 ^a (8.68)	0.04***

Means with different letters differ at $P < 0.05$ (Duncan 1955)

() Real values*** $P \leq 0.001$

the experimental period.

Figure 2 shows the performance of height in which this species was developed. At 75 d of growth, Cuba CT-115 grass reached 147.81 cm. This result is considered as acceptable, even when the content of organic matter and phosphorous in the soil was low like the percentage of field capacity and usable humidity. Growth response pattern was similar to the description of Martínez *et al.* (2010) in other clones of *P. purpureum* at the age of 75 d of growth, although that study was developed under conditions of soil, climate and productive purposes, different from this research.

It can be concluded that *Moringa oleifera* showed the most adequate performance in the simultaneous association with a grass of large size like CT-115 during the initial stage of growth. It is suggested the increase of evaluation time of these species.

Acknowledgements

Thanks to the Mexican Secretariat of Foreign Affairs from for granting a postdoctoral scholarship in order to carry out this Project, which made possible the development of researches. Thanks also to Dr. José Manuel Palma and to FRABA 820/20 Project – University of Colima.

muestreo tuvo lugar a los 30 d, momento en que el número de plantas m^{-1} fue de 2.31. El mayor valor se encontró a los 45 d. En los últimos dos muestreos decreció la población con respecto a los muestreos anteriores. Herrera *et al.* (2007), indicaron valores de 2.50 plantas m^{-1} a los 80 d de la plantación de CT-115.

Al evaluar el número de hojas tallo⁻¹, entre 60 y 75 d estuvo el mayor valor. Mientras que la mayor cantidad de tallos macolla⁻¹ se constató al final del período experimental.

En la figura 2 se muestra el comportamiento de la altura a la que se desarrolló esta especie. A los 75 d de crecimiento, el pasto Cuba CT-115 alcanzó 147.81 cm. Este resultado se considera aceptable, aun cuando el contenido de materia orgánica y de fósforo fue bajo, al igual que el porcentaje de capacidad de campo y humedad aprovechable. El patrón de respuesta de crecimiento fue similar a lo descrito por Martínez *et al.* (2010) en otros clones de *P. purpureum* a la edad de 75 d de crecimiento, aunque el estudio se desarrolló en condiciones de suelo, clima y propósitos productivos diferentes con respecto a las de esta investigación.

Se concluye que *Moringa oleifera* mantuvo el comportamiento más adecuado en la asociación simultánea con un pasto de porte alto como el CT-115 durante la etapa inicial de crecimiento. Se sugiere incrementar el tiempo de evaluación de las especies.

Agradecimientos

Se agradece a la Secretaría de Relaciones Exteriores de México por otorgar la beca postdoctoral para la ejecución del proyecto que posibilitó el desarrollo de investigaciones, al Dr. José Manuel Palma y al Proyecto FRABA 820/20 - Universidad de Colima.

References

- Anguiano, J. M., Aguirre, J. & Palma, J. M. 2012. "Establecimiento de *Leucaena leucocephala* con alta densidad de siembra bajo cocotero (*Cocos nucifera*)". Cuban Journal of Agricultural Science, 46(1): 103–107, ISSN: 2079-3480.
- Anguiano, J. M., Aguirre, J. & Palma, J. M. 2013. "Secuestro de carbono en la biomasa aérea de un sistema agrosilvopastoril de *Cocos nucifera*, *Leucaena leucocephala* Var. Cunningham y *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115". Avances en Investigación Agropecuaria, 17(1): 149–160, ISSN: 0188-7890.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C. W. 2001. InfoStat. version 2001, [Windows], Universidad Nacional de Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, Available: <<http://www.infostat.com.ar/>>.
- Dias-Filho, M. B. 2007. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. 3rd ed., Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 190 p., ISBN: 85-87690-65-4, OCLC: 708528415, Available: <<http://www.diasfilho.com.br/Livro/3a.htm>>, [Consulted: July 4, 2016].
- Duncan, D. B. 1955. "Multiple Range and Multiple F Tests". Biometrics, 11(1): 1–42, ISSN: 0006-341X, DOI: 10.2307/3001478.
- Febles, G. & Ruiz, T. E. 2008. "Evaluación de especies arbóreas para sistemas silvopastoriles". Avances en Investigación Agropecuaria, 12(1): 5–27, ISSN: 0188-7890.

- Febles, G. & Ruiz, T. E. 2009. "The global climatic change and its impacts in Cuba. Actions for the future". Cuban Journal of Agricultural Science, 43(4): 327–334, ISSN: 2079-3480.
- García, R. I. & Linares, L. A. 2012. Árboles y arbustos de la Cuenca del río Tepalcatepec (Michoacán y Jalisco México) para uso urbano. México: Instituto Politécnico Nacional-CIIDIR Unidad Michoacán, 304 p., ISBN: 978-607-8257-07-2, Available: <<http://www.libreriacolmich.com/indice/ficha.asp?id=690>>, [Consulted: July 17, 2016].
- Herrera, R. S. 2015. "Instituto de Ciencia Animal: fifty years of experience in the evaluation of grasses with economical importance for animal husbandry". Cuban Journal of Agricultural Science, 49(2): 221–232, ISSN: 2079-3480.
- Herrera, R. S., García, M., Cruz, A. M. & Romero, A. 2007. "Efecto de un estimulante del crecimiento en el establecimiento de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115". Cuban Journal of Agricultural Science, 41(2): 193–195, ISSN: 2079-3480.
- Herrera, R. S., Martínez, R. O., Martínez, M., Tuero, R., Cruz, A. M. & Romero, A. 2014. "Cutting frequency on quality indicators of *Pennisetum* and *Saccharum* varieties during the dry period". Cuban Journal of Agricultural Science, 48(2): 159–166, ISSN: 2079-3480.
- Hou, C. H., Liu, N. L. & Hsi, H. C. 2015. "Highly porous activated carbons from resource-recovered *Leucaena leucocephala* wood as capacitive deionization electrodes". Chemosphere, 141: 71–79, ISSN: 0045-6535, DOI: 10.1016/j.chemosphere.2015.06.055.
- Ibrahim, M., Villanueva, C. & Casasola, F. 2007. "Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y rehabilitación ecológica de paisajes ganaderos en centro américa". Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal, 15(S1): 74–88, ISSN: 1022-1301.
- IUSS Working Group WRB 2014. World Reference Base for soil resources 2014: international soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. (ser. World Soil Reports, no. ser. 106), Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 191 p., ISBN: 978-92-5-108370-3.
- Martínez, R. O., Tuero, R., Torres, V. & Herrera, R. S. 2010. "Models of biomass accumulation and quality in varieties of elephant grass, Cuba CT-169, OM-22, and king grass during the rainy season in the western part of Cuba". Cuban Journal of Agricultural Science, 44(2): 185–188, ISSN: 2079-3480.
- Nouman, W., Basra, S. M. A., Siddiqui, M. T., Yasmeen, A., Gull, T. & Alcayde, M. A. C. 2014. "Potential of *Moringa oleifera* L. as livestock fodder crop: a review". Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 38(1): 1–14, ISSN: 1300-011X.
- Padilla, C. & Curbelo, F. 2005. "Dos métodos de plantación en el establecimiento de yerba elefante CT-115 (*Pennisetum purpureum*)". Cuban Journal of Agricultural Science, 39(2): 219–222, ISSN: 2079-3480.
- Palma, G. J. M. 2011. "Evaluación de la leguminosa arbórea *Gliricidia sepium* (Jack) Kunth ex Walp como estrategia de desarrollo silvopastoril en el trópico seco de Colima". In: Palma, G. J. M., Nahed, T. J. & Sanginés, G. L. (eds.), Alternativas para una reconversión ganadera sustentable, (ser. Agroforestería pecuaria en México, no. ser. 1), Colima, México: Universidad de Colima, pp. 87–106, ISBN: 978-607-7797-03-6.
- Palma, J. M. 1997. "Establecimiento de *Gliricidia sepium* en el trópico seco con alta densidad de siembra". Archivos Latinoamericana de Producción Animal, 5(sp. 1): 5–6, ISSN: 1022-1301.
- Ramos, T. O., Castillo, H. J. & Sandoval, G. J. J. 2015. "Effect of cutting intervals and heights in forage productivity of *Moringa oleifera*". Revista Bio Ciencias, 3(3): 187–194, ISSN: 2007-3380.
- Toral, O. & González, Y. 1999. "Efecto del agua caliente en la germinación de diez especies arbóreas". Pastos y Forrajes, 22(1): 47–53, ISSN: 0864-0394, 2078-8452.
- Wencomo, H. B. & Ortiz, R. 2010. "Comportamiento fenológico de 23 accesiones de *Leucaenaspp.*". Pastos y Forrajes, 33(4): 1–1, ISSN: 0864-0394.

Received: December 4, 2013