

## Botanical composition of grassland according to the amount of *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. trees in Carrizal-Chone, Ecuador

### Composición botánica del pastizal según el nivel de arborización con *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. en Carrizal-Chone, Ecuador

J. A. Roca, Maryury Zamora, Yesenia A. Zamora and Miryam E. Félix

J. A. Roca: 0000- 0001- 9065- 7126

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, 10 de agosto No 82 y Granda Centeno, Calceta, Manabí, Ecuador  
Email: aletinroca@gmail.com

The effect of the amount of *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. trees was evaluated in the botanical composition of the grassland in a cattle system of Carrizal-Chone region, Ecuador. Three tree amounts were used as treatments: low (1-4 trees/ha), medium (5-8 trees/ha) and high (9-12 trees/ha), distributed in a completely randomized design. A covariance analysis was applied to the variable final botanical composition (2014) in which the initial botanical composition (2012) was considered as covariate and tree amounts (3), species (5) and their interaction as the effects. A variance analysis was applied to the changes in the species coverage from 2012 to 2014, in which tree amounts (3), species (5) and their interaction were controlled. In both analyzes there was a highly significant effect ( $P < 0.001$ ) of the interaction. The highest percentage of population was shown by the *Megathyrsus maximus* grass (saboya) at the high tree amount (45.7 %). In the latter (9-12 trees/ha), *Megathyrsus maximus*, *Cynodon nlemfuensis* and creeping legumes species predominated, to the detriment of other grasses and broadleaf plants. With the level 9-12 trees/ha, the greatest increases in the coverage of saboya species (5.1 %) and creeping legumes (2.2 %) were achieved. Other grasses and broadleaf plants reduced their cover in all treatments. It is concluded that with 9-12 trees/ha of *Prosopis juliflora*, the botanical composition of the grassland is improved, by increasing the coverage of the most important species in the cattle systems of Carrizal-Chone, Ecuador.

Keywords: trees/ha, herbaceous cover, *Megathyrsus maximus*, silvopastoral

The ecological intensification of sustainable agriculture, according to Tiffonell (2014) and Vázquez and Funes (2014), demands technological changes and the inclusion of new knowledge, allowing to reach a balance between resource preservation and agricultural production.

The botanical composition of the grassland and its yield are attributes of vital importance to measure the "health" of the ecosystem. Senra *et al.* (2005) considered them as fundamental indicators in the evaluation of sustainability of cattle grazing systems.

Silvopastoral systems become an agricultural option that integrates an adequate tree density in pastures and implies the presence of trees in interaction with other components of the ecosystem, subject to an integrated management, which tends to increase its long-term productivity (Campo 2006).

In Carrizal-Chone, Ecuador, the spontaneous presence

Se evaluó el efecto del nivel de arborización con *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. en la composición botánica del pastizal en un sistema vacuno de la región de Carrizal-Chone, Ecuador. Se utilizaron como tratamientos tres niveles de arborización: bajo (1-4 árboles/ha), medio (5-8 árboles/ha) y alto (9-12 árboles/ha), distribuidos en un diseño completamente aleatorizado. A la variable composición botánica final (2014) se le aplicó un análisis de covarianza en el que se consideró la composición botánica inicial (2012) como covariable y los efectos nivel de arborización (3), especie (5) y su interacción. A los cambios en la cobertura de las especies desde 2012 a 2014 se les aplicó un análisis de varianza, en el que se controló el nivel de arborización (3), especie (5) y su interacción. En ambos análisis hubo efecto altamente significativo ( $P < 0.001$ ) de la interacción. El mayor porcentaje de población lo mostró el pasto *Megathyrsus maximus* (saboya) en el nivel alto de arborización (45.7 %). En este último (9-12 árboles/ha) predominaron las especies *Megathyrsus maximus*, *Cynodon nlemfuensis* y leguminosas rastreras, en detrimento de otras gramíneas y plantas de hojas anchas. Con el nivel 9-12 árboles/ha se lograron los mayores incrementos de la cobertura en las especies saboya (5.1 %) y leguminosas rastreras (2.2 %). Otras gramíneas y plantas de hojas anchas redujeron su cobertura en todos los tratamientos. Se concluye que con 9-12 árboles/ha de *Prosopis juliflora* se mejora la composición botánica del pastizal, al incrementar la cobertura de las especies de mayor importancia en los sistemas vacunos de Carrizal-Chone, Ecuador.

Palabras clave: árboles/ha, cobertura herbácea, *Megathyrsus maximus*, silvopastoreo

La intensificación ecológica de la agricultura sostenible, según Tiffonell (2014) y Vázquez y Funes (2014), demanda cambios tecnológicos y la incorporación de nuevos conocimientos, que permitan alcanzar un balance entre la conservación de los recursos y la producción agropecuaria.

La composición botánica del pastizal y su rendimiento son atributos de vital importancia para medir la "salud" del ecosistema. Senra *et al.* (2005) los consideró como indicadores fundamentales en la evaluación de la sostenibilidad de los sistemas vacunos en pastoreo.

Los sistemas silvopastoriles se convierten en una opción agropecuaria que integra una densidad arbórea adecuada en los potreros e implica la presencia del árbol en interacción con los demás componentes del ecosistema, sometido a un manejo integrado, que tiende a incrementar su productividad a largo plazo (Campo 2006).

En la región de Carrizal-Chone, Ecuador, es común

of *Prosopis juliflora* tree is common in grassland areas (Basurto 2016 and Roca 2017). On the other hand, farmers of this area often consider the existence of trees in the pastures as negative for their yield and botanical composition, which can be real when proper system management is not carried out.

The objective of this study was to determine changes in the botanical composition of grassland, according to the amount of *Prosopis juliflora* trees in an area subject to grazing dairy cattle in Carrizal-Chone region, Ecuador.

### Materials and Methods

The experiment was carried out in a grassland area divided into paddocks, belonging to the teaching, research and linkage units of the Agricultural Polytechnic School of Manabí "Manuel Félix López" (ESPAM-MFL, in Spanish), located in the geographical site "El Limón", Calceta, Manabí province, Republic of Ecuador. These facilities are part of the cattle rearing systems of Carrizal-Chone rural development region. They are located at 00° 49'23" South and 80° 11'01" West, at 15 m.o.s.l.

The ecosystem is low pre-montane tropical forest (Regalado *et al.* 2012), with humid tropical climate and differentiated fluvisol soil. Table 1 shows climatological variables of the experimental period (2012 - 2014).

Table 1. Climatological variables of the area under study during the experimental period

Variable	Experimental year		
	2012	2013	2014
Mean temperature, °C	25.0	25.0	26.0
Mean relative humidity, %	82.9	83.8	82.0
Precipitation, mm	1638.9	962.4	777.3

Out of the spontaneous tree vegetation of the grassland area, only *Prosopis juliflora* (Sw.) DC species trees were preserved, which had a height superior to 6 m and a canopy diameter greater than 4 m. Tree areas were thinned up to the desired densities.

Treatments and experimental design. Treatments consisted on three amounts of *Prosopis juliflora* trees: low (1-4 trees/ha); medium (5-8 trees/ha) and high (9-12 trees/ha), distributed in a completely randomized design.

Experimental procedure. There were 9 paddocks/treatment, 0.45 ha each, consisting of star grass cv. African (*Cynodon nlemfuensis*) and naturalized saboya (*Megathyrsus maximus* = *Panicum maximum*) with associated creeping legumes, of Centrosema (*C. molle* and *C. acutifolium*), Desmodium (*D. incanum* and *D. scorpiurus*), Macroptilium (*M. atropurpureum*) and Teramnus (*T. labialis*) genera.

Sprinkler irrigation was applied at a rate of 1,200 m<sup>3</sup>/

la presencia espontánea del árbol *Prosopis juliflora* (Algarrobo) en las áreas de pastizales (Basurto 2016 y Roca 2017). En cambio, con frecuencia los ganaderos de esta zona consideran que la existencia de árboles en los potreros es negativa para su rendimiento y composición botánica, lo que puede ser real cuando no se realiza un manejo adecuado del sistema.

El objetivo de este estudio fue determinar los cambios en la composición botánica del pastizal, según el nivel de arborización con *Prosopis juliflora* en un área sometida al pastoreo de vacunos lecheros en la región de Carrizal-Chone, Ecuador.

### Materiales y Métodos

El experimento se realizó en un área acuartonada de pastizal, perteneciente a las Unidades de Docencia, Investigación y Vinculación de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López" (ESPAM-MFL), ubicadas en el sitio geográfico "El Limón", Calceta, provincia de Manabí, República del Ecuador. Estas instalaciones forman parte de los sistemas ganaderos de la región de desarrollo rural Carrizal-Chone. Se localizan a los 00°49'23" de latitud sur y 80°11'01" de longitud oeste, a 15 m.s.n.m.

El ecosistema es de bosque tropical pre-montano bajo (Regalado *et al.* 2012), con clima tropical húmedo y suelo fluvisol diferenciado. En la tabla 1 se presentan variables climatológicas del período experimental (2012 - 2014).

De la vegetación arbórea espontánea del área de pastizal se preservaron solo los árboles de la especie *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. que contaban con altura superior a 6 m y diámetro de copa superior a 4 m. Las áreas arborizadas se ralearon hasta llegar a las densidades deseadas.

Tratamientos y diseño experimental. Los tratamientos fueron tres niveles de arborización con *Prosopis juliflora*: bajo (1-4 árboles/ha); medio (5-8 árboles/ha) y alto (9-12 árboles/ha), distribuidos en un diseño completamente aleatorizado.

Procedimiento experimental. Se contó con 9 cuarterones/tratamiento, de 0.45 ha cada uno, compuestos por pastizales de estrella vc. africano (*Cynodon nlemfuensis*) y saboya naturalizado (*Megathyrsus maximus* = *Panicum maximum*) con leguminosas rastreras asociadas, de los géneros Centrosema (*C. molle* y *C. acutifolium*), Desmodium (*D. incanum* y *D. scorpiurus*), Macroptilium (*M. atropurpureum*) y Teramnus (*T. labialis*).

Se aplicó riego por aspersión, a razón de 1200 m<sup>3</sup>/ha

ha every 28 d. Grazing areas were fertilized with 50 kg of N/ha/year for the three evaluated levels. The grazing technique was rotational, with an occupation time of two days. Grazing intensity of the paddocks under evaluation was 111 LAU/ha/rotation.

An amount of 25 Brown Swiss x Zebu cows, with 450 kg of liveweight were used, with a lactation range between 90 and 120 d. After grazing, the animals received chopped forage of king grass (*Cenchrus purpureus*) at a rate of 10 kg/cow/d, in the feeder inside the unit.

Measurements of botanical composition of the grassland were made by the dry weight rank method of t'Mannetje and Haydock (1963).

The botanical composition of the grassland was measured in each treatment, at the beginning (2012) and end (2014) of the experiment. Sampling was performed in five randomly selected paddocks in each treatment, which were maintained throughout the study. Table 2 shows the values of initial botanical composition of experimental paddocks.

cada 28 d. Las áreas de pastoreo se fertilizaron con 50 kg de N/ha/año para los tres niveles evaluados. La técnica de pastoreo fue rotacional, con tiempo de ocupación de dos días. La intensidad de pastoreo de los cuarterones en evaluación fue de 111 UGM/ha/rotación.

Se utilizaron 25 vacas mestizas Brown Swiss x Cebú, de 450 kg de peso vivo, con rango de lactación comprendido entre 90 y 120 d. Posterior al pastoreo, en el comedero de la nave, los animales recibieron forraje picado de king grass (*Cenchrus purpureus*) a razón de 10 kg/vaca/d.

Las mediciones de la composición botánica del pastizal se realizaron por el método de rangos de peso seco de t'Mannetje y Haydock (1963).

La composición botánica del pastizal se midió en cada tratamiento, al inicio (2012) y final (2014) del experimento. Los muestreos se realizaron en cinco cuarterones seleccionados al azar en cada tratamiento, los que se mantuvieron durante todo el estudio. En la tabla 2 se presentan los valores de la composición botánica inicial de los cuarterones experimentales.

Table 2. Initial botanical composition of the grassland (%) in the experimental paddocks

Species	Tree amounts (trees/ha)		
	1 - 4	5 - 8	9 - 12
Star grass ( <i>Cynodon nlemfuensis</i> )	50.3	27.5	19.3
Saboya grass ( <i>Megathyrsus maximus</i> )	18.5	37.8	50.5
Other grasses	13.9	6.7	9.9
Creeping legumes	14.0	23.0	13.0
Weed (broadleaf plants)	3.3	5.0	7.3

The cover of species was assumed as a result of determining the botanical composition. Changes in cover were determined by the difference between final and initial botanical composition.

*Statistical analysis.* For the statistical data processing, SPSS package, version 15 (Visauta 1998) was used. Data normality was analyzed by Kolmogorov-Smirnov test and homogeneity of variances by Bartlett test. A covariance analysis (ANACOVA) was performed for the final botanical composition of the grassland, according to the mathematical model of the design used, in which the initial botanical composition was considered as covariate. The effect of tree amounts (3) was also controlled.

After maintaining the five species or group of initial species throughout the experiment, it was decided to consider species (5) as a factor and its interaction (3x5) with tree amount, so to establish a possible comparison between them.

To the data of the difference between the final botanical composition with the initial one (coverage changes), an analysis of variance was performed, in which the effects tree amount (3), species (5) and their

La cobertura de las especies se asumió como resultado de la determinación de la composición botánica. Los cambios en la cobertura se determinaron por la diferencia entre la composición botánica final y la inicial.

*Análisis estadístico.* Para el procesamiento estadístico de los datos se utilizó el paquete SPSS, versión 15 (Visauta 1998). Se analizó la normalidad de los datos mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de varianzas por la prueba de Bartlett. Se realizó un análisis de covarianza (ANACOVA) para la composición botánica final del pastizal, según el modelo matemático del diseño empleado, en el que se consideró la composición botánica inicial como covariable. Se controló, además, el efecto del nivel de arborización (3).

A partir de mantener durante todo el experimento las cinco especies o grupo de especies iniciales, se decidió considerar la especie (5) como un factor y su interacción (3x5) con el nivel de arborización, de modo que fuera posible la comparación entre ellas.

A los datos de la diferencia entre la composición botánica final con la inicial (cambios en la cobertura) se les realizó un análisis de varianza en el que se controlaron los efectos nivel de arborización (3), especie

interaction (3x5) were controlled. Differences among means were determined by the Tukey test.

### Results and Discussion

Results of the covariance analysis, performed at the final botanical composition variable, when the effect of the initial botanical composition was considered as covariate ( $P < 0.001$ ), showed highly significant effects ( $P < 0.001$ ) of the interaction tree amount (3) x species (5) and of isolated factors.

Table 3 shows the results of the interaction tree amount x species in the final botanical composition of the grassland. The treatment that showed the highest population percentage (45.7 %) was saboya grass (*M. maximus*) at the high tree amount. This grass is considered well adapted to natural intermediate shading, such as that produced by *P. juliflora* tree.

The response obtained with saboya grass coincides

(5) y su interacción (3x5). Las diferencias entre medias se determinaron por la prueba de Tukey.

### Resultados y Discusión

Los resultados del análisis de covarianza, realizado a la variable composición botánica final, cuando se consideró el efecto de la composición botánica inicial como covariable ( $P < 0.001$ ), mostraron efectos altamente significativos ( $P < 0.001$ ) de la interacción nivel de arborización (3) x especie (5) y de los factores aislados.

En la tabla 3 se presentan los resultados de la interacción nivel de arborización x especie en la composición botánica final del pastizal. El tratamiento que mostró mayor porcentaje de población (45.7 %) fue el pasto saboya (*M. maximus*) en el nivel alto de arborización. Esta gramínea se considera bien adaptada al sombreado intermedio natural, como el que se produce por el árbol de *P. juliflora*.

Table 3. Combined effect of the amount of *P. juliflora* trees and the species in the final botanical composition of grassland (%)

Species	Tree amount (trees/ha)			SE $\pm$
	1 - 4	5 - 8	9 - 12	
Star grass ( <i>Cynodon nlemfuensis</i> )	42.5 (0.64 <sup>b</sup> )	27.3 (0.52 <sup>d</sup> )	21.8 (0.48 <sup>f</sup> )	0.003***
Saboya grass ( <i>Megathyrsus maximus</i> )	21.0 (0.47 <sup>f</sup> )	36.0 (0.59 <sup>c</sup> )	45.7 (0.67 <sup>a</sup> )	
Other grasses	11.0 (0.33 <sup>h</sup> )	6.8 (0.25 <sup>k</sup> )	8.1 (0.28 <sup>i</sup> )	
Creeping legumes	16.2 (0.41 <sup>g</sup> )	23.9 (0.49 <sup>e</sup> )	17.5 (0.43 <sup>g</sup> )	
Weeds (broadleaf plants)	9.3 (0.32 <sup>j</sup> )	6.1 (0.21 <sup>l</sup> )	6.9 (0.25 <sup>k</sup> )	

Different superscripts indicate significant differences for  $P < 0.001$ , according to Tukey test. \*\*\*  $P < 0.001$

Means fit to initial botanical composition by covariance

( ) Values transformed according to  $\arcsen \sqrt{(x/100)}$

with reports of Pentón (1999), who evaluated the evolution of botanical composition in a silvopastoral system in Cuba. This author found that *P. maximum* (today *Megathyrsus maximus*) showed the highest associative potential with trees, and with the shade, it was a controlling factor of plants with low nutritional value, such as naturalized grasses and weeds.

An element that should be considered in these results as favorable to saboya grass is its high competitiveness. According to Pentón (2002), this plant can be stimulated under woodland conditions, based on its ability to gain preferential access to the incident radiation through its height. In this regard, Ericksen and Whitney (1981) pointed out that forage species differed markedly in their response to shade and that *P. maximum* is one of the cultivated grasses with the best performance.

When the analysis is performed to the high tree

La respuesta obtenida con el pasto saboya coincide con los informes de Pentón (1999), al evaluar la evolución de la composición botánica en un sistema silvopastoril en Cuba. Este autor encontró que *P. maximum* (hoy *Megathyrsus maximus*) mostró el más alto potencial asociativo con los árboles, y con la sombra constituyó un factor controlador de las plantas de bajo valor nutritivo, como son las gramíneas naturalizadas y las malezas.

Un elemento que se debe considerar en estos resultados favorables al pasto saboya es su alta competitividad. Según Pentón (2002), esta hierba se puede estimular en condiciones de arbolado, a partir de la capacidad que tiene para ganar acceso preferencial a la radiación incidente por medio de su altura. Al respecto, Ericksen y Whitney (1981) señalaron que las especies forrajeras difieren notablemente en su respuesta a la sombra y que *P. maximum* es una de las gramíneas cultivadas de mejor comportamiento.

Cuando el análisis se hace en el nivel alto de arborización,



amount, saboya and star grass predominated in the grassland, to the detriment of other grasses and broadleaf plants. Shelton (1996), Sánchez *et al.* (1997) and Ruiz *et al.* (2008) reported beneficial effects of leucaena and other tree shading on pastures and forages.

The result obtained with the creeping legumes, which showed a growing change with the increase of tree amount, identifies them as well adapted to the natural intermediate shade. This performance has been indicated in other tropical scenarios and in association with *Brachiaria*, saboya and star grass, depending on shading intensity, area rest, defoliation intensity and recovery of their reserves (Guevara 1999 and Iglesias *et al.* 2003).

Referring to the importance of grassland botanical composition, Ray *et al.* (2016) pointed out that the availability and floristic composition allow to maintain a proper intake of the offered base grass, and stressed that the presence of legumes is manifested as a basic element of grazing system. Gómez (2015) corroborated the role of legumes in the entrance of nitrogen into the grazing system.

Previously, Wright *et al.* (2015) reported that depending only on the quality of grazing pastures, intake, digestibility and animal response can be affected.

The magnitude of changes in the coverage of species subjected to the tree amount studied is presented in figure 1.

With respect to the initial coverage of 2012, the largest increases in 2014 occurred in saboya grass, subject to levels from 9 to 12 trees/ha (5.1%) and from

el saboya como el estrella, predominaron en el pastizal, en detrimento de otras gramíneas y plantas de hojas anchas. Shelton (1996), Sánchez *et al.* (1997) y Ruiz *et al.* (2008) informaron efectos beneficiosos del sombreado de leucaena y otras arbóreas en los pastos y forrajes.

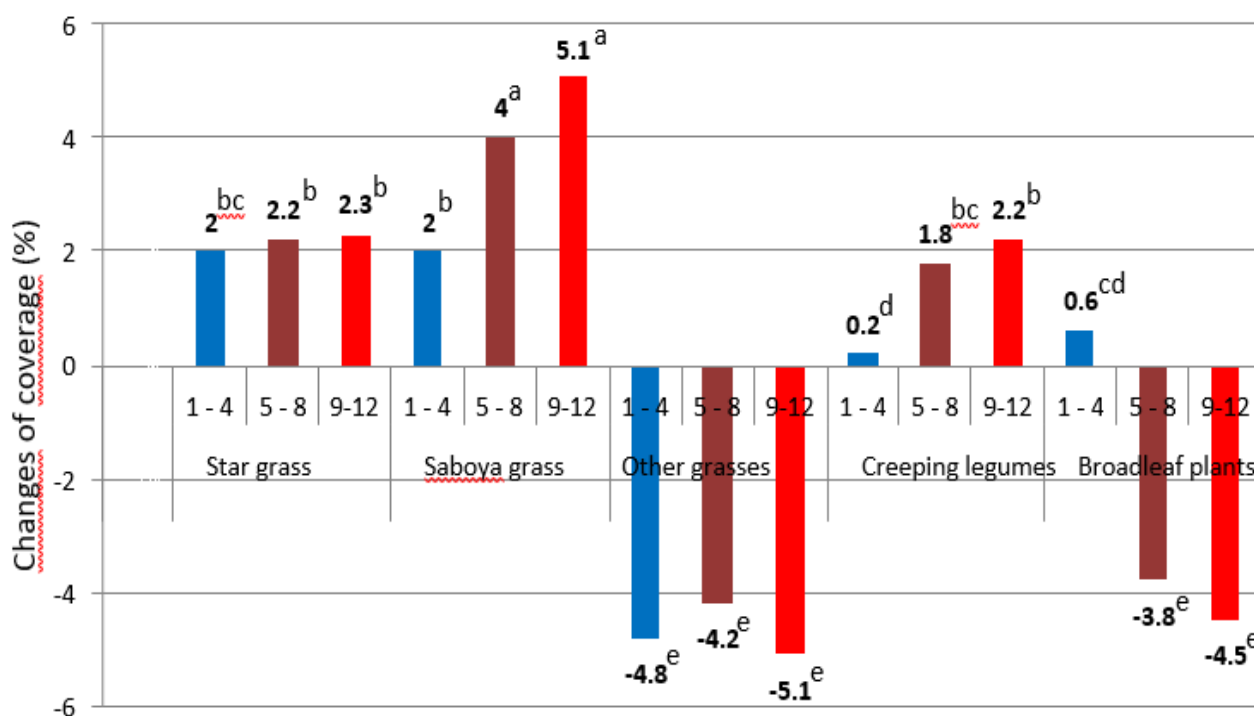
El resultado que se obtuvo con las leguminosas rastreras, las que mostraron un cambio creciente con el aumento del nivel de arborización, las identifica como bien adaptadas a la sombra natural intermedia. Este comportamiento se ha señalado en otros escenarios tropicales y en asociación con *Brachiaria*, saboya y estrella, en función de la intensidad del sombreado, el reposo de las áreas, la intensidad de defoliación y la recuperación de sus reservas (Guevara 1999 e Iglesias *et al.* 2003).

Al referirse a la importancia de la composición botánica del pastizal, Ray *et al.* (2016) señalaron que la disponibilidad y composición florística permiten mantener el consumo adecuado del pasto base ofrecido, y destacaron que la presencia de leguminosas se manifiesta como un elemento básico del sistema de pastoreo. Gómez (2015) corroboró el papel de las leguminosas en la entrada de nitrógeno al sistema de pastoreo.

Con anterioridad, Wright *et al.* (2015) informaron que cuando se depende solo de la calidad de las gramíneas en pastoreo, se puede afectar el consumo, la digestibilidad y la respuesta animal.

La magnitud de los cambios en la cobertura de las especies sometidas a los niveles de arborización estudiados se presenta en la figura 1.

Con respecto a la cobertura inicial de 2012, los mayores incrementos en 2014 se produjeron en el pasto saboya, sometido a los niveles de 9 a 12 árboles/ha (5.1%)



abcde Different superscripts indicate significant differences for  $P < 0.01$  according to Tukey

Figure 1. Changes of coverage of species (2012 to 2014), according to tree amount (trees/ha)

4 to 8 trees/ha (4 %), without differences between them. This same species, at the low tree amount (1-4 trees/ha), achieved an increase in its coverage (2 %) statistically similar to that reached by star grass (2 to 2.3 %) in the three studied tree amount.

In relation to the performance of creeping legumes, it is important to state that the increase of tree amount positively influenced on the increase of their coverage, which was superior in the medium (5-8) and high (9-12) levels, with respect to low level (1-4 trees/ha). This could be due to the fact that the shadow cast by trees can bring about important and favorable changes in the environmental factors and in the attributes of the plants that grow under that shade, which is a sign that, apparently, these plants have good adaptation to the environment generated at these tree amounts.

Pentón (2000) said that shade conditions variations in quantity and quality of sunlight from the reduction of photosynthetically active radiation, causes a decrease of the temperature of air, soil and plant leaves. In addition, it promotes the increment of relative humidity of air and soil, and increases water potential and plant productivity.

This study shows that all the species indicated in the literature with the greatest contribution to animal diet (saboya and star grass, and creeping legumes) increased their coverage as tree amount increased. In contrast, the other grasses and broadleaf plants significantly reduced their coverage by statistically similar magnitudes (between 3.8 and 5.1 %) at different tree amounts, with the exception of broadleaf plants at the level of 1 to 4 trees/ha, which increased by 0.6 %.

This indicates that, with the presence of 9 to 12 trees/ha in grasslands, the appearance of these species with low nutritional value is better controlled. With these trees, according to Muschler (2000), light reduction levels can be marked, as a result of size and arrangement of leaves and branches, which affect lower vegetation. Particularly in this study, the involvement was marked for broadleaf plants and other grass.

It is concluded that tree amount with 9 to 12 trees/ha of *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. improves botanical composition of grassland, by increasing the coverage of the most important species in cattle rearing systems of Carrizal-Chone, Manabí, Ecuador. The study of higher densities of tree plants under these conditions is suggested.

y de 4 a 8 árboles/ha (4 %), sin diferencias entre ellos. Esta misma especie, en el nivel bajo de arborización (1-4 árboles/ha), logró incremento de su cobertura (2 %) estadísticamente similar al alcanzado por el pasto estrella (2 a 2.3 %) en los tres niveles de arborización estudiados.

En relación con el comportamiento de las leguminosas rastreras, es importante significar que el incremento del nivel de arborización influyó positivamente en el aumento de su cobertura, que fue superior en los niveles medio (5-8) y alto (9-12), con respecto al bajo (1-4 árboles/ha). Esto se pudo deber a que la sombra proyectada por los árboles puede traer consigo importantes y favorables modificaciones en los factores ambientales y en los atributos de las plantas que crecen bajo dicha sombra, lo que es una señal de que, al parecer, estas plantas tienen buena adaptación al ambiente generado en estos niveles de arborización.

Pentón (2000) refirió que la sombra condiciona variaciones en la cantidad y calidad de la luz solar a partir de la reducción de la radiación fotosintéticamente activa, provoca disminución de la temperatura del aire, del suelo y de las hojas de las plantas; propicia el aumento de la humedad relativa del aire y el suelo, y aumenta el potencial hídrico y la productividad de las plantas.

En este estudio se demuestra que todas las especies señaladas en la literatura con mayor aporte a la dieta de los animales (saboya, estrella y leguminosas rastreras) incrementaron su cobertura conforme aumentó el nivel de arborización. En cambio, las otras gramíneas y plantas de hojas anchas redujeron significativamente su cobertura en magnitudes estadísticamente similares (entre 3.8 y 5.1 %) en los diferentes niveles de arborización, con excepción de las plantas de hojas anchas en el nivel de 1 a 4 árboles/ha, las que se incrementaron en 0.6 %.

Lo anterior indica que con la presencia de 9 a 12 árboles/ha en los pastizales se consigue controlar mejor la aparición de estas especies de bajo valor nutritivo. Con estos árboles, según Muschler (2000), los niveles de reducción de la luz pueden ser marcados, como resultado del tamaño y la disposición de las hojas y ramas, que afectan la vegetación inferior. Específicamente en este estudio, la afectación fue marcada para las plantas de hojas anchas y otras gramíneas.

Se concluye que la arborización con 9 a 12 árboles/ha de *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. mejora la composición botánica del pastizal, al incrementar la cobertura de las especies de mayor importancia en los sistemas vacunos de Carrizal-Chone, Manabí, Ecuador. Se sugiere el estudio de mayores densidades de plantas arbóreas en estas condiciones.

## References

- Basurto, L. 2016. Algarrobo: *Prosopis pallida*. Available: <http://taninos.tripod.com/algarrobo.htm>. [Consulted: November 30th, 2016]
- Campo, F. 2006. Efecto del grado y tipo de arborización en la producción de leche en Camagüey. MSc. Thesis. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"-Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Perico, Matanzas, Cuba, p. 88
- Eriksen, F.I. & Whitney, A.S. 1981. "Effects of Light Intensity on Growth of Some Tropical Forage Species. I. Interaction of Light Intensity and Nitrogen Fertilization on Six Forage Grasses". *Agronomy Journal*, 73(3): 427-433, ISSN: 0002-1962,

DOI: 10.2134/agronj1981.00021962007300030011x.

- Gómez, B. 2015. Emisión de gases de efecto invernadero y contenidos de carbono y nitrógeno del suelo en un agroecosistema ganadero alto Andino en Tenerife, Valle del Cauca. MSc. Thesis. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia, p. 122
- Guevara, R. 1999. Contribución al estudio del pastoreo racional con bajos insumos en vaquerías comerciales. PhD Thesis. Instituto de Ciencia Animal-Universidad Agraria de La Habana, p. 106
- Iglesias, J.M., Matías, C. & Pérez, A. 2003. “Cría de hembras bovinas en desarrollo en condiciones de silvopastoreo”. Pastos y Forrajes, 26(1): 35–46, ISSN: 2078-8452
- Muschler, R.G. 2000. Árboles en cafetales. Colección Módulos de Enseñanza Agro-forestal, Módulo No. 5. CATIE. Turrialba, Costa Rica, p. 13
- Pentón, G. 1999. “Evolución de la composición botánica en una finca silvopastoril”. Pastos y Forrajes, 22(3): 261–267, ISSN: 2078-8452
- Pentón, G. 2000. Efecto de la sombra de los árboles sobre el pastizal en un sistema silvopastoril. MSc Thesis. Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”, Perico, Matanzas, Cuba, p. 66
- Pentón, G. 2002. “Relaciones entre la sombra proyectada y algunas características morfológicas en especies arbóreas.”. Pastos y Forrajes, 25(4), ISSN: 2078-8452
- Ray, J.V., Benítez, D., García, F.G. & Vega, A.V. 2016. “Consumo voluntario, digestibilidad y balance de nutrientes de vacas criollas en pastoreo racional en el Valle del Cauto Cuba.” Revista Amazónica Ciencia y Tecnología, 5(2): 146–158, ISSN: 1390-5600
- Regalado, E., Félix, L. & Aveiga, F. 2012. Valoración química del suelo. ESPAM Ciencia,(1): 32, ISSN: 1390-8103
- Roca, J.A. 2017. *Prosopis juliflora* (Sw.) DC: Efecto en indicadores del pastizal y el comportamiento de vacas lecheras en pastoreo en Carrizal-Chone, Ecuador. PhD Thesis. Universidad de Camagüey, Camagüey, Cuba, p. 99
- Ruiz, T., Febles, G., Castillo, E., Jordán, H., Galindo, J., Chongo, B., Delgado, D., Mejías, R. & Crespo, G. 2008. Tecnología de producción animal mediante *Leucaena leucocephala* asociada con pastos en el 100 % del área de la unidad ganadera. Available: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_cultivadas\\_megatermicas/112-leucaena.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/112-leucaena.pdf)
- Sánchez, S. Milera, M., Suárez, J. & Alonso, O. 1997. “Evaluación de la biota del suelo en un sistema de manejo rotacional racional intensivo”. Pastos y Forrajes, 20(143): 143–148, ISSN: 2078-8452
- Senra, A., Martínez, R.O., Jordán, H., Ruiz, T., Reyes, J., Guevara, R.V & Ray, J.V 2005. “Basic principles of the efficient and sustainable rotational grazing for the American subtropics”. Cuban Journal of Agricultural Science, 39(1): 21–27, ISSN: 2079-3480
- Shelton, H.M. 1996. El género *Leucaena* y su potencial para los trópicos. In: Leguminosas forrajeras arbóreas en la agricultura tropical. Clavero, C.T. (ed), Fundación Polar, Universidad del Zulia, Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes, Maracaibo, Venezuela, p. 17
- Tittonell, P. 2014. “Ecological intensification of agriculture—sustainable by nature”. Current Opinion in Environmental Sustainability, 8: 53–61, ISSN: 1877-3435, DOI: 10.1016/j.cosust.2014.08.006
- Mannetje, L.T. & Haydock, K.P. 1963. “The dry-weight-rank method for the botanical analysis of pasture”. Grass and Forage Science, 18(4): 268–275, ISSN: 0142-5242, DOI: 10.1111/j.1365-2494.1963.tb00362.x
- Vázquez, L., & Funes, F. (2014). Agricultura sostenible sobre bases agroecológicas. Preguntas y respuestas para entender la agricultura del futuro. Ed. Editora Agroecológica, La Habana, Cuba, ISBN: 978-959-7210-83-2
- Visauta, B. 1998. Análisis estadístico con SPSS para Windows. Estadística multivariada. Vol. II. Ed. McGraw-Hill, Madrid, España, p. 358
- Wright, M.M., Auld, M.J., Kennedy, E., Dunshea, F.R., Hannah, M. & Wales, W.J. 2016. “Variation in feeding behavior and milk production among dairy cows when supplemented with 2 amounts of mixed ration in combination with 2 amounts of pasture”. Journal of Dairy Science, 99(8): 6507–6518, ISSN: 0022-0302, DOI: 10.3168/jds.2015-10771

**Received: April 22, 2019**

**Accepted: February 18, 2020**