

Relation between management and leucaena (*Leucaena leucocephala*) to prevent its transformation into an invasive plant

Relación entre el manejo y la leucaena (*Leucaena leucocephala*) para evitar que se convierta en planta invasora

T.E. Ruiz¹, J. Alonso¹, Nurys Valenciaga¹, G. Febles¹, Sandra Lok¹, Juana Galindo¹, H. Díaz¹ and A. Lopez²

¹Instituto de Ciencia Animal, Apartado postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

²Museo Nacional de Historia Natural, Cuba

Email: teruizv@ica.co.cu

The effect of management was evaluated to prevent leucaena becoming an invasive plant. For five years, the evolution of two systems was studied: 1) tree legume *Leucaena leucocephala* cv. Peru in silvopastoral system, where it occupied 100 % of the area, associated with *Brachiaria brizantha* cv. Marandú for cattle fattening; 2) tree legume *Leucaena leucocephala* cv. Peru, where it occupied 100 % of the area, associated with *Brachiaria brizantha* cv. Marandú without being grazed. A random block design was applied, with five replications. Indicators in the leucaena-brachiaria system with animal grazing were better, at the beginning and at the end of the experiment, with a decrease in the depopulation of 1 plant/m² (P = 0.0012), higher grass population 11.2/m² (P = 0.0014) and low presence of weeds 1 plant/m² (P = 0.0039), which was better in the system without grazing. Leucaena component had a different performance, according to the studied system. In the system under grazing, yield of brachiaria base grass was always superior (2.2 and 3.0 t/ha DM) with respect to the non-managed system, at the beginning (P = 0.0028) and at the end of the experimental stage. The same happened with the presence of natural grass 0.40 t/ha DM (P=0.0011), which disappeared at the end. Weeds had a higher presence in the non-managed area 0.31 t/ha DM (P=0.0101) at the beginning of the study. It is concluded that the technological proposal for the management of systems with *Leucaena leucocephala* in silvopastoral systems is a functional and feasible option to apply so that this species does not become invasive.

Key words: *productive stability, brachiaria, invasive plant, silvopastoral system*

Quiroz *et al.* (2009) defined invasive species as "naturalized species that reproduce in large amounts and that have potential to spread in a considerable area, occupying natural habitats." These characteristics are present in *Leucaena leucocephala*, included in the list of the hundred invasive exotic species most harmful in the world, developed by the Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Lowe *et al.* 2004). However, it should be noted that not all exotic species become invasive. Their effect vary according to species and habitat. But, the invasive ones cause serious effects, with different consequences, especially if they are not controlled (Anon 2005). Nevertheless, internationally, there are many information sources that recommend this legume as an important tree in cattle rearing systems in different areas of the world. In Cuba, studies conducted with this plant have also confirmed this trait of leucaena. Studies of Ruiz *et al.*

Se evaluó el efecto del manejo para evitar que la leucaena se convierta en planta invasora. Durante cinco años, se estudió la evolución de dos sistemas: 1) leguminosa arbórea *Leucaena leucocephala* vc. Perú en sistema silvopastoril, donde ocupó 100 % del área, asociada a *Brachiaria brizantha* vc. Marandú para la ceba de bovinos; 2) leguminosa arbórea *Leucaena leucocephala* vc. Perú, donde ocupó 100 % del área, asociada a *Brachiaria brizantha* vc. Marandú sin ser pastada. Se aplicó un diseño de bloques al azar, con cinco réplicas. Los indicadores medidos en el sistema leucaena- brachiaria con pastoreo de animales fueron mejores, al inicio y al final del experimento, con disminución de la despoblación de 1 planta/m² (P=0.0012), mayor población de pasto 11.2/m² (P=0.0014) y baja presencia de malezas 1 planta/m² (P=0.0039), que fue mejor en el sistema no pastoreado. El componente leucaena se comportó de forma diferente, según el sistema estudiado. En el sistema en pastoreo, el rendimiento del pasto base de brachiaria siempre fue superior (2.2 y 3.0 t/ha MS) con respecto al sistema no manejado, al inicio (P=0.0028) y al final de la etapa experimental. Lo mismo sucedió con la presencia de pasto natural 0.40 t/ha MS (P=0.0011), que desapareció al final. Las malezas tuvieron mayor presencia en el área no manejada 0.31 t/ha MS (P=0.0101) al inicio del trabajo. Se concluye que la propuesta tecnológica para el manejo de sistemas con *Leucaena leucocephala* en sistemas silvopastoriles es una opción funcional y factible de aplicar para que esta especie no se convierta en invasora.

Palabras clave: *estabilidad productiva, brachiaria, planta invasora y sistema silvopastoriles*

Quiroz *et al.* (2009) definieron las especies invasoras como "especies naturalizadas que se reproducen en grandes cantidades y que tienen el potencial de propagarse en un área considerable, ocupando hábitats naturales." Estas características están presentes en *Leucaena leucocephala*, incluida en la lista de las cien especies exóticas invasoras más dañinas del mundo, elaborada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Lowe *et al.* 2004). Sin embargo, se debe destacar que no todas las especies exóticas se convierten en invasoras. El efecto de ellas varía en función de la especie y el hábitat. Pero, las que sí lo son causan efectos graves, con consecuencias de diverso tipo, especialmente si no están controladas (Anon 2005). No obstante, en el ámbito internacional, son muchas las fuentes de información que recomiendan esta leguminosa como un árbol de importancia en sistemas ganaderos en diferentes zonas en el mundo. En Cuba, estudios realizados con esta planta han corroborado también esta propiedad de

(2003) and Ruiz *et al.* (2015) demonstrated, integrally and in a multidisciplinary way, the potential of this plant for cattle rearing systems, besides proposing a technology. Therefore, it would be very interesting to study this possible contradiction and offer scientific results in this respect. The objective of this research was to evaluate the effect of management to prevent leucaena to become an invasive plant.

Materials and Methods

Experimental design and treatments. The evolution of two systems was evaluated: 1) tree legume *Leucaena leucocephala* cv. Peru in silvopastoral system in 100 % of the grazing area, associated with *Brachiaria brizantha* cv. Marandú for cattle fattening; 2) tree legume *Leucaena leucocephala* cv. Peru, where it occupied 100 % of the area, associated with *Brachiaria brizantha* cv. Marandú without being grazed. A random block design was applied, with five replications.

Experimental procedure. Leucaena was sown in double furrows, separated at 0.80 m from each other and spaced at 3.20 m. *Brachiaria* was planted on the same day of sowing the legume in three separate furrows at 1.0 m and a dose of 5 kg/ha. In the necessary cases, control of weeds was taken care of during the first 90 d.

The study was carried out on a physical surface of 50 ha on a wavy ferrialitic soil (Hernández *et al.* 2015). The land was divided into 40 paddocks of 1.25 ha, under dry conditions. Fattening cattle was used, with a stocking rate of 2 animals/ha, with an initial weight of 150 kg of LW and good physical condition and health. The occupation time was one and two days in rainy and dry season, respectively. Meanwhile, the rotation interval reached 40 and 80 d for rainy and dry period, respectively. The area that did not receive animal grazing occupied 6 ha and was protected with barbed wire fence. The studied areas were evaluated over five years (2011-2015). Samplings were carried out twice per season, in fixed areas of each paddock. The information offered is the mean per season. All samplings were considered and the first (beginning) and the last (end) were analyzed independently. The studied systems had eight years of establishment.

Samplings were systematically developed during dry and rainy season. The work was carried out on plots with a net area of 8.0 x 10.0 m. Performance of treatments was taken in 10 fixed frames of 1.0 m². Height (grasses and weeds in cm and tree in m), yield of grass, weeds and leucaena (t/ha, DM), population (individuals/m²) and botanical composition of grass and weeds were measured, as well as the depopulation. These last two measures were transformed by \sqrt{x} and $\arcsin \sqrt{x}$, respectively. To determine the biomass production of the grass and weeds, it was cut at 15 cm height.

Statistical processing. The theoretical assumptions of

la leucaena. Los trabajos de Ruiz *et al.* (2003) y Ruiz *et al.* (2015) demostraron, de forma integral y multidisciplinaria, el potencial de esta planta para sistemas ganaderos, además de proponer una tecnología. Por lo anterior, sería muy interesante estudiar esta posible contradicción y ofrecer así resultados científicos al respecto. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del manejo para evitar que la leucaena se convierta en planta invasora.

Materiales y Métodos

Tratamientos y diseño experimental. Se estudió la evolución de dos sistemas: 1) leguminosa arbórea *Leucaena leucocephala* vc. Perú en sistema silvopastoril en 100 % del área de pastoreo, asociada a *Brachiaria brizantha* vc. Marandú para la ceba de bovinos; 2) leguminosa arbórea *Leucaena leucocephala* vc. Perú en 100 % del área, asociada a *Brachiaria brizantha* vc. Marandú sin ser pastoreada (bosque). Se aplicó un diseño de bloques al azar con cinco réplicas.

Procedimiento experimental. La leucaena se fomentó en surcos dobles, separados a 0.80 m entre sí y espaciados a 3.20 m. La *brachiaria* se sembró el mismo día de la siembra de la leguminosa en tres surcos separados a 1.0 m y dosis de 5 kg/ha. Cuando fue necesario, se atendió el control de las malezas durante los primeros 90 d.

El estudio se desarrolló en una superficie física de 50 ha en un suelo ferrialítico ondulado (Hernández *et al.* 2015). El terreno se dividió en 40 potreros de 1.25 ha, en condiciones de secano. Se utilizó ganado de engorde, con carga de 2 animales/ha, con peso de inicio de 150 kg de PV y buen estado físico y de salud. El tiempo de ocupación fue de uno y dos días en la estación lluviosa y seca, respectivamente. Mientras, el intervalo de rotación alcanzó 40 y 80 d para el período de lluvia y seca, respectivamente. El área que no recibió el pastoreo animal ocupó 6 ha y estaba protegida con cerca de alambre de púa. Las áreas estudiadas se evaluaron durante cinco años (2011-2015). Los muestreos se efectuaron dos veces por estación, en áreas fijas en cada potrero. La información que se ofrece es la media por estación climática. Se consideraron todos los muestreos realizados y se analizó el primero (inicio) y el último (final) de manera independiente. Los sistemas en estudio tenían ocho años de establecidos.

Los muestreos se desarrollaron de forma sistemática en la estación seca y lluviosa. Se trabajó en parcelas con área neta de 8.0 x 10.0 m. El comportamiento de los tratamientos se tomó en 10 marcos fijos de 1.0 m². Se midió la altura (gramíneas y malezas en cm y árbol en m), el rendimiento del pasto, malezas y leucaena (t/ha, MS), la población (individuos/m²) y la composición botánica del pasto y malezas, así como la despoblación. Estas dos últimas medidas se transformaron mediante \sqrt{x} y $\arcsin \sqrt{x}$, respectivamente. Para determinar la producción de biomasa de la gramínea y malezas se cortó a altura de 15 cm.

Procesamiento estadístico: Se verificaron los

the analysis of variance were verified for the counting variables, expressed in percent, from Shapiro and Wilk (1965) test for normality of errors and Levene test (1960) for homogeneity of variance. The analyzed variables fulfilled the theoretical assumptions of ANAVA. Analysis of variance was carried out according to design and Duncan (1955) test was applied when necessary. The statistical package INFOSTAT version 2012, prepared by Di Rienzo *et al.* (2012) was used.

Result and Discussion

All the indicators measured in the leucaena-brachiaria system were superior at the beginning and at the end of experiment (table 1). It should be noted that at that time the decrease in depopulation ($P=0.0012$), the high grass population ($P=0.0014$) and the low presence of weeds ($P=0.0039$) were better with respect to the non-grazed system. This was characterized by low presence of grasses ($P=0.0041$) and high levels of weeds ($P=0.0027$). The same performance was presented at the beginning of the experiment, when comparing the grazed and non-grazed system.

supuestos teóricos del análisis de varianza para las variables de conteo, expresadas en por ciento, a partir de las dójimas de Shapiro y Wilk (1965) para la normalidad de los errores y la dójima de Levene (1960) para la homogeneidad de varianza. Las variables analizadas cumplieron con los supuestos teóricos del ANAVA. Se realizó análisis de varianza según diseño y se aplicó la dójima de Duncan (1955) en los casos necesarios. Se empleó el paquete estadístico INFOSTAT versión 2012, elaborado por Di Rienzo *et al.* (2012).

Resultado y Discusión

Todos los indicadores medidos en el sistema leucaena-brachiaria fueron superiores al inicio y al final del experimento (tabla 1). Se debe resaltar que en esos momentos la disminución de la despoblación ($P=0.0012$), la mayor población de pasto ($P=0.0014$) y la baja presencia de malezas ($P=0.0039$) fueron mejores con respecto al sistema no pastoreado. Este se caracterizó por poca presencia de pastos ($P=0.0041$) y altos niveles de maleza ($P=0.0027$). Igual comportamiento se presentó al inicio del experimento, al comparar el sistema pastoreado y no pastoreado.

Table 1. Indicators of grassland performance in different moments of experimental stage

Indicators	Treatments					
	Beginning			Final		
	Leucaena + Brachiaria in grazing	Forest without grazing	S.E. ±	Leucaena + Brachiaria in grazing	Forest without grazing	SE± Sign.
	Height, cm					
Grasses	46.3	12.0	9.4	60.2	5.0	13.4
			P=0.0257			P=0.0154
Weeds	10	42.0	8.6	4	63.0	15.6
			P<0.0001			P=0.0020
	Population/m ²					
Grasses	7.6 (58.5)	0.44 (0.20)	1.3	11.2 (126.5)	0.22 (0.05)	2.5
			P=0.0189			P=0.0014
Weeds	2.8 (8.0)	4.5 (20.38)	0.3	1.0 (1.0)	4.2 (18.00)	0.7
			P=0.0027			P=0.0039
	Botanical composition, %					
Grasses	59.0 (75.0)	19.0 (10.0)	10	81.0 (98.0)	4.0 (1.00)	23.0
			P=0.0011			P=0.0041
Weeds	13.0 (5.0)	39.0 (40.0)	6.0	4.0 (1.0)	40.0 (42.00)	9.0
			P=0.0012			P=0.0027
Depopulation	29.0 (20.0)	45.0 (50.0)	4.0	4.0 (1.0)	49.0 (57.00)	10.0
			P=0.0021			P=0.0012

() Original values

Leucaena component (table 2) evolved differently according to the studied system. In leucaena-brachiaria, planted area had a higher population at the beginning ($P=0.0127$) and at the end ($P=0.0222$) of the research, when compared with the system without grazing,

El componente leucaena (tabla 2) evolucionó de forma diferente según el sistema estudiado. En leucaena-brachiaria, el área que se sembró tuvo mayor población al inicio ($P=0.0127$) y al final ($P=0.0222$) de la investigación, al compararse con el sistema sin pastorear,

which is normal in these systems. The increase in the plant height indicates that it is necessary to prune. In the area without grazing, these values were always higher than in the grazed system, when measured at the beginning ($P = 0.0055$) and at the end ($P = 0.0039$) of the study. There was only presence of new leucaena plants between rows of the non-grazed system. These plants were germinated from the seeds produced in the furrows planted with this legume. This clearly indicated that the non-management of leucaena areas caused the presence of new leucaena plants, which did not happen in the grazing system.

aspecto que es normal en estos sistemas. El aumento de la altura de la planta de leucaena es indicativo de que es necesario podarla. En el área no pastoreada, estos valores siempre fueron mayores al sistema pastoreado, cuando se midió al inicio ($P=0.0055$) y al final ($P=0.0039$) del estudio. Solo hubo presencia de nuevas plantas de leucaena en la entrecalle del sistema no pastoreado. Estas plantas nacieron de las semillas producidas en los surcos sembrados con esta leguminosa. Esto indicó claramente que el no manejo de áreas de leucaena provocó presencia de nuevas plantas de leucaena, lo que no sucedió en el sistema en pastoreo.

Table 2. Indicators of leucaena performance in different moments of experimental stage

Indicators	Treatments					
	Beginning			Final		
	Leucaena + Brachiaria in grazing	Forest without grazing	S.E. ±	Leucaena + Brachiaria in grazing	Forest without grazing	SE± Sign.
Height, cm						
Leucaena	3.5	12.51	2.5	6.7	11.85	1.1
			P=0.0055			P=0.0039
Germinated leucaena	0	0.23	-	0	0.21	
Population/m ²						
Leucaena	3.2 (10.1)	2.2 (4.81)	0.2	2.6 (6.7)	2.1 (4.42)	0.1
			P=0.0127			P=0.0222
Germinated leucaena	0	1.5 (2.43)	-	0	1.8 (3.17)	-

() Original values

As it was expected, biomass production (table 3) had a similar performance to that indicated in table 1. In the system under grazing, brachiaria base grass yield was always superior to the unmanaged system, at the beginning ($P=0.0028$) and at the end of experimental stage. The same happened with the presence of natural grass ($P=0.0011$), which disappeared at the end. Weeds had a higher presence in the non-managed area ($P=0.0101$) at the beginning of the study. Leucaena maintained its production, according to Alonso (2004) and Ruiz *et al.* (2008). Total biomass production was always superior, at the beginning ($P < 0.0001$) and at the end ($P < 0.0001$) of the experiment for the grazed system. Disappearance of brachiaria and natural grass at the end of the experiment in the non-managed system could be caused by the excess of shade, which limited growth and stability of the herbaceous population. With respect to this topic, Ruiz *et al.* (2010) demonstrated the importance of management in order to achieve only the shade levels that contribute to the productive stability of silvopastoral systems. Biomass production for leucaena is not offered in the system without grazing due to the height reached by this plant

Como era de esperar, la producción de biomasa (tabla 3) tuvo un comportamiento semejante a lo indicado en la tabla 1. En el sistema que estaba en pastoreo, el rendimiento del pasto base de brachiaria siempre fue superior al compararse con el sistema no manejado, al inicio ($P=0.0028$) como al final de la etapa experimental. Lo mismo sucedió con la presencia de pasto natural ($P=0.0011$), que desapareció al final. Todo lo anterior es indicativo de estabilidad en el sistema leucaena- brachiaria en pastoreo. Las malezas tuvieron mayor presencia en el área no manejada ($P=0.0101$) al inicio del trabajo. La leucaena mantuvo su producción, según informó Alonso (2004) y Ruiz *et al.* (2008). La producción de biomasa total siempre fue superior, al inicio ($P < 0.0001$) como al final ($P < 0.0001$) del experimento para el sistema pastoreado. La desaparición de brachiaria y pasto natural al final del experimento en el sistema no manejado pudo estar provocada por el exceso de sombra, que limitó el crecimiento y estabilidad de la población herbácea. Con respecto a este tema, Ruiz *et al.* (2010) demostraron la importancia del manejo en función de lograr solo los niveles de sombra que contribuyen a la estabilidad productiva de los sistemas silvopastoriles. No se ofrece la producción de biomasa

Table 3. Biomass production performance in different moments of experimental stage

Indicators, t/ha DM	Treatments					
	Beginning			Final		
	Leucaena + Brachiaria in grazing	Forest without grazing	S.E. ±	Leucaena + Brachiaria in grazing	Forest without grazing	SE± Sign.
Brachiaria	2.20	0.01	0.60	3.00	0.00	
			P=0.0028			
Native grass	0.40	0.014	0.09	0.00	0.00	-
			P=0.0011			
Weeds	0.05	0.31	0.06	0.0	0.20	-
			P=0.0101			
Leucaena	0.60	0.00	-	0.50	0.00	-
Total	3.25	0.33	0.80	3.50	0.20	0.90
			P<0.0001			P<0.0001

(table 2).

When analyzing the performance of these systems, according to the weather station, it is evident that in the leucaena-brachiaria grazing system, the evaluated indicators were always better than those found in the system that was not managed with animals (table 4). In general, the values of rainy season were better than in dry season. It should be noted that the presence of weeds was lower in leucaena-brachiaria, in rain as dry, with population ($P = 0.0198$ and $P = 0.0145$)

para leucaena en el sistema sin pastoreo por la altura alcanzada por esta planta (tabla 2).

Al analizar el comportamiento de estos sistemas, según la estación climática, se evidencia que en el sistema leucaena – brachiaria en pastoreo los indicadores en evaluación siempre fueron mejores que los encontrados en el sistema que no se manejó con animales (tabla 4). En sentido general, los valores de la estación lluviosa fueron mejores que en la estación seca. Se debe resaltar que en leucaena-brachiaria la presencia de malezas fue

Table 4. Indicators of grassland performance per season

Indicators	Treatments					
	Rainy period			Dry period		
	Leucaena + Brachiaria in grazing	Forest without grazing	S.E. ±	Leucaena + Brachiaria in grazing	Forest without grazing	SE± Sign.
			Height, cm			
Grasses	67.49	10.0	15.10	45.39	4.00	10.70
			P<0.0001			P=0.0003
Weeds	8.00	47	10.00	3.00	27.00	6.00
			P=0.0007			P=0.0081
			Population/m ²			
Grasses	7.80 (61.47)	0.22 (0.05)	1.50 P= 0.0365	7.20 (52.04)	0.63 (0.40)	1.20 P=0.0082
Weeds	2.60 (7.00)	4.20 (18.00)	0.30 P=0.0198	1.40 (2.00)	4.00 (16.28)	0.60 P=0.0145
			Botanical composition, %			
Grasses	76.00 (91.00)	16.00 (8.00)	16.00 P=0.0065	71.00 (86.00)	4.00 (2.00)	19.00 P=0.0322
Weeds	11.00 (4.00)	39.00 (42.00)	7.00 P=0.0069	5.00 (3.00)	41 (44)	10.00 P=0.0049
Depopulation	13.00 (5.00)	44.00 (50.00)	8.00 P=0.0072	17.00 (11.00)	48.00 (54.00)	8.00 P=0.0021

() Original values

and percent of weeds ($P=0.0069$ and $P=0.0049$), respectively. The same situation was presented for depopulation ($P=0.0072$ and $P=0.0021$). Pasture population was superior for this system ($P=0.0365$ and $P=0.0082$), as well as its presence in the botanical composition ($P=0.0065$ and $P=0.0322$), respectively.

Leucaena component, very important in this study due to its characteristics of invader plant, showed higher values of population in leucaena-brachiaria system under grazing, after being compared with the one without grazing, during rainy ($P=0.0041$) and dry ($P=0.0034$) periods. This was not the same for plant germinated in the space between double furrows for the system without animals, and it shows the invasion of this tree when the system does not use animals properly (table 5).

menor, en lluvia como en seca, en población ($P=0.0198$ y $P=0.0145$) y por ciento de malezas ($P=0.0069$ y $P=0.0049$), respectivamente. La misma situación se presentó para la despoblación ($P=0.0072$ y $P=0.0021$). La población de pasto fue superior para este sistema ($P=0.0365$ y $P=0.0082$), así como su presencia en la composición botánica ($P=0.0065$ y $P=0.0322$), respectivamente.

El componente leucaena, de importancia en este estudio por sus características de planta invasora, presentó en el sistema leucaena-brachiaria en pastoreo mayores valores en la población, al ser comparado con el sistema no pastoreado, en lluvia ($P=0.0041$) como en seca ($P=0.0034$). Esto no fue igual para las plantas nacidas en el espacio entre los surcos dobles para el sistema sin animales, y es muestra de la invasión de este árbol cuando el sistema no se explota con animales de forma adecuada (tabla 5).

Tabla 5. Indicators of leucaena performance per season

Indicators	Treatments					
	Rainy period			Dry period		
	Leucaena + Brachiaria in grazing	Forest without grazing	S.E. ±	Leucaena + Brachiaria in grazing	Forest without grazing	SE± Sign.
	Height, m					
Leucaena	4.64	11.85	1.40	4.13	12.38	1.70
	$P=0.0257$			$P=0.0031$		
Germinated leucaena	0.00	0.21	-	0	0.23	-
	Population/m ²					
Leucaena	3.00	2.10	0.10	2.80	2.10	0.10
	(9.00)	(4.43)	$P=0.0041$	(7.84)	(4.20)	$P=0.0034$
Germinated leucaena	0.00	2.20	-	0.00	2.70	-
		(4.85)			(7.66)	

() Original values

Table 6 shows that, in leucaena-brachiaria system under grazing, components of biomass production were better than in the system without grazing, with brachiaria biomass production ($P=0.0072$) in rainy season and its disappearance in dry period in the area without management, and total production in rainy and dry periods ($P=0.0622$ and $P=0.0062$), respectively. Weeds showed lower values ($P=0.0014$ and $P=0.0005$) in rainy and dry seasons. This fact demonstrated that an improper management of areas provoked disappearance of each of the evaluated components, caused by the excessive growth of leucaena plants and their shade over the herbaceous stratum. This caused the decrease of sown grass growth, and the appearance and progressive development of weeds and new leucaena plants in non-sown areas. This last is a signal of invasion of this species when it does not receive an adequate management.

La tabla 6 muestra que en el sistema leucaena-brachiaria en pastoreo los componentes de producción de biomasa fueron mejores con respecto al no pastoreado, con producción de biomasa de brachiaria ($P=0.0072$) en lluvia y su desaparición en seca, para el área que no recibió manejo, y producción total en lluvia y seca ($P=0.0622$ y $P=0.0062$), respectivamente. Las malezas mostraron menores valores ($P=0.0014$ y $P=0.0005$) en lluvia como en seca. Lo anterior demuestra que el manejo inadecuado de las áreas provocó la desaparición de cada uno de los componentes evaluados, motivada por el crecimiento excesivo de las plantas de leucaena y la sombra proyectada por ellas sobre el estrato herbáceo. Esto ocasionó la disminución del crecimiento del pasto sembrado y la aparición y desarrollo progresivo de malezas y plantas nuevas de leucaena en áreas no sembradas. Esto último es señal de la invasión de esta especie cuando no recibe el manejo adecuado.

Table 6. Performance of biomass production per season

Indicators, t/ha DM	Treatments					
	Rainy period			Dry period		
	Leucaena + Brachiaria in grazing	Forest without grazing	S.E. ±	Leucaena + Brachiaria in grazing	Forest without grazing	SE± Sign.
Brachiaria	2.07	0.001	0.65	1.92	0.00	-
			P=0.0072			
Native grass	0.07	0.01	0.01	0.00	0.00	-
			P=0.0018			
Weeds	0.06	0.18	0.02	0.01	0.19	0.04
			P=0.0014			P=0.0005
Leucaena	1.04	0.00	-	0.51	0.00	-
Total	3.24	0.191	0.95	2.44	0.19	0.70
			P=0.0622			P=0.0062

Rivera *et al.* (2011) and Paciullo *et al.* (2014) also reported this result with the silvopastoral system. These author referred a high biomass production during rainy periods and lower production in dry season. They attributed this performance to tree-grass interaction, which also favored animal production. They also pointed out that these systems reduce the decrease of production under unfavorable climate conditions.

A study of Mack *et al.* (2000) demonstrated that invasive plants may change ecological characteristics, like identity of dominant species in a community, physical properties of the ecosystem, nutrient cycle and plant productivity. In addition, it was confirmed that impact of biological invasions threatens the efforts for preserving biodiversity, maintaining productivity of agricultural systems, sustaining the functioning of natural ecosystems and protecting human health. All this could be appreciated in aspects mainly related to plant productivity and functioning of the system with and without grazing.

Studies developed in Cuba (Villate *et al.* 2016) with these species stated that if efficient strategies are not implemented for diminishing their impact, there will be the risk of becoming poor and homogenizing these ecosystems from which agriculture, cattle rearing, forestry, and fishing depend on, as well as other resources that provide irreplaceable natural services.

Despite the evident negative consequences of invasive species to native biological diversity, especially in islands, management of exotic species tend to have more into account the cost/benefit relation that implies its use, mainly in those that have important ecological and economical values. Under determined circumstances, the removal of an invasive species may cause bigger problems (Maron and Connors 1996 and Yelenik *et al.* 2004).

Sometimes, manageable invasive species may

Rivera *et al.* (2011) y Paciullo *et al.* (2014) informaron también este resultado con el sistema silvopastoril. Estos autores refirieron elevada producción de biomasa en las estaciones de lluvia y menor reducción en la época seca. Atribuyeron este comportamiento a la interacción árboles-pasto, lo que además favoreció la producción animal. También señalaron que estos sistemas reducen la caída de la producción en condiciones climáticas adversas.

En un estudio de Mack *et al.* (2000) se demostró que las plantas invasoras pueden alterar características ecológicas, como la identidad de las especies dominantes en una comunidad, propiedades físicas del ecosistema, ciclo de nutrientes y productividad vegetal. También se constató que el impacto de las invasiones biológicas amenazan los esfuerzos para conservar la biodiversidad, mantener la productividad de sistemas agrícolas, sustentar el funcionamiento de los ecosistemas naturales y proteger la salud humana. Lo antes indicado se pudo apreciar en aspectos relacionados, principalmente, con la productividad vegetal y el funcionamiento del sistema no pastoreado o pastoreado.

Estudios desarrollados en Cuba (Villate *et al.* 2016) con estas especies señalan que si no se implementan estrategias eficaces para disminuir su impacto, se correrá el riesgo de empobrecer y homogenizar los ecosistemas de los que se depende para sostener la agricultura, la ganadería, la silvicultura, la pesca y otros recursos que proveen de servicios naturales irremplazables.

A pesar del evidente perjuicio de las especies invasoras a la diversidad biológica nativa, especialmente en las islas, el manejo de especies exóticas tiende a tener en cuenta cada vez más la relación costo-beneficio que implica su uso, fundamentalmente en aquellas que tengan valores económicos y ecológicos importantes. En determinadas circunstancias, la eliminación de una especie invasora puede ocasionar problemas mayores (Maron y Connors 1996 y Yelenik *et al.* 2004).

En ocasiones, especies invasoras manejables se pueden

be used in activities of ecological and economical value. Under Cuban conditions, for example, it is in the reforestation of areas affected by mining, degraded grasslands and others, where exotic species, invasive in some cases, like *L. leucocephala*, favor recovery in front of the failure of repopulating with native species. This study also demonstrated that with a proper management of this species, some of the positive qualities of this plant can be used, which was also reported by Ruiz *et al.* (2005). Likewise, with the study of leucaena performance in different regions of Colombia, Calle *et al.* (2011) stated that this plant has been cultivated for the last 20 years, with the implementation of intensive silvopastoral systems with populations that surpass 20.000 plants per hectare, without the invasion of this plant in studied areas. In Australia, Shelton (2017) got to the same conclusion in a review of 70 years.

Therefore, it can be concluded that the technological proposal for managing silvopastoral systems with *Leucaena leucocephala* is a functional and feasible option to apply, so that this species does not become invasive.

Acknowledgements

Thanks to Verena Torres, PhD., and to Tech. Lucía Sarduy, from the Department of Biomathematics of the Institute of Animal Science, for the information analysis used in this study. This research is part of a group of studies developed in the framework of the Sub-Project “Manejo de *Leucaena leucocephala* para producir leche y carne, y recuperar sucesiones naturales”, belonging to the Project “Mejorando la prevención, control y manejo de las especies exóticas invasoras en ecosistemas vulnerables en Cuba”, carried out during the period 2011-2015 supported by PNUD.

Cuban Journal of Agricultural Science, Volume 52, Number 1, 2018.

utilizar en actividades de valor económico y ecológico. En las condiciones de Cuba, por ejemplo, es la reforestación de áreas afectadas por la minería, pastizales degradados y otros, donde especies exóticas, en algunos casos invasoras, como *L. leucocephala*, propician la recuperación ante el fracaso de la repoblación con especies nativas. En este trabajo también se demostró que, cuando se efectúa un manejo adecuado de la especie, se pueden utilizar algunas de las cualidades positivas de esta planta, lo que también informó Ruiz *et al.* (2005). Asimismo, al estudiar el comportamiento de la leucaena en diferentes regiones de Colombia, Calle *et al.* (2011) refirieron que esta planta se ha cultivado durante los últimos 20 años, con la implementación de sistemas silvopastoriles intensivos con poblaciones que superan las 20.000 plantas por hectárea, sin la invasión de esta planta en las zonas en estudio. En Australia, Shelton (2017) llegó a la misma conclusión en una revisión que comprendió 70 años.

Por lo anterior, se puede concluir que la propuesta tecnológica para el manejo de sistemas silvopastoriles donde esté la *Leucaena leucocephala* es una opción funcional y factible de aplicar, de modo que esta especie no se convierta en invasora.

Agradecimientos

Se agradece a la Dra. Verena Torres y a la técnica Lucía Sarduy, del Departamento de Biomatemática del Instituto de Ciencia Animal, por el análisis de la información que se presenta en este trabajo.

Esta investigación forma parte de una secuencia de estudios desarrollados en el marco del Sub- Proyecto “Manejo de *Leucaena leucocephala* para producir leche y carne, y recuperar sucesiones naturales”, que pertenece al Proyecto “Mejorando la prevención, control y manejo de las especies exóticas invasoras en ecosistemas vulnerables en Cuba”, ejecutado durante el periodo 2011-2015 con el apoyo del PNUD.

References

- Alonso, J. 2004. Factores que intervienen en la Producción de Biomasa de un sistema silvopastoril leucaena – guinea. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. Cuba. 120p.
- Anon, 2005. Programa Mundial sobre Especies Invasoras Primera edición. Secretaría del GISP ISBN 1-919684-49-2
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C. W. 2012. InfoStat. Version 2012, [Windows], Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, Available: <<http://www.infostat.com.ar/>>.
- Calle, Z., Murgueitio, E., Giraldo, C., Ospina, S. D., Zapata, A., Molina, C.H., Molina, E.J., Chará, J.D., Uribe, F. & Reyes, K.. 2011. La leucaena *Leucaena leucocephala* no se comporta como una planta invasora en Colombia. GANADERIA Y AMBIENTE. Carta Fedegán N.º 127. pp 70 - 80. www.lerf.eco.br/img/publicacoes
- Duncan, D. B. 1955. Multiple ranges and multiple F. test Biometrics. 11:1-42
- Hernández, A., Pérez, J.M., Bosch, D. & Castro, N. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Ed. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. ISBN: 978-959-7123-77-7. Cuba. 91 p.
- Levene, H. 1960. Robust tests for the equality of variance. Contributions to Probability and Statistics. Stanford University Press. pp.278-292
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S. & De Poorter, M. 2004. 100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database. Publicado por el Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI), un grupo especialista de la Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), pp 1- 12. www.issg.org/bookletS.pdf.
- Mack, R.N., Simberloff, D., Lonsdale, W. M., Evans, H., Clout, M. & Bazzaz, F. 2000. Invasiones Biológicas: Causas, Epidemiología, Consecuencias Globales y Control. Tópicos en Ecología No 5. Available: www.esa.org/esa/wp-content/uploads/2013/03/numero5.pdf

- Maron, J. L. & P. G. Connors. 1996. A native nitrogen-fixing shrub facilitates weed invasion. *Oecologia* 105: 302-312.
- Paciullo, D. S. C., Pires, M. F. A., Aroeira, L. J. M., Morenz, M. J. F., Mauricio, R. M., Gomide, C. A. & Silveira, S. R. 2014. Sward characteristics and performance of dairy cows in organic grass-legume pastures shaded by tropical trees. *Animal* 8(8):1264-1271.
- Quiroz, C. L., Pauchard, A., Marticorena, A. & Cavieres, L. A. 2009. Manual de Plantas Invasoras del Centro – Sur de Chile. Laboratorio de Invasiones biológicas. Universidad de Concepcion, Chile. Diciembre 2009. Available: www.lib.udec.cl
- Rivera, J. E., Arenas, F. A., Cuartas, C., Hurtado, E., Naranjo, J. F., Murgueitio, E., Tafur, O., Zambrano, F. & Gacharná, N. 2011. Producción y calidad de leche bovina en un sistema de pastoreo en monocultivo y un sistema silvopastoril intensivo (SSPi) compuesto de *Tithonia diversifolia* bajo ramoneo directo, *Brachiaria* spp., árboles maderables en el piedemonte amazónico. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 24(3):524- 532.
- Ruiz, T., Febles, G. J. & Alonso, J. 2008. Factores que influyen en la producción de biomasa durante el manejo del sistema silvopastoril. Módulo II. Pastos Tropicales, principios generales, agrotecnia y producción de biomasa. Diplomado de Ganadería Tropical. FIRA, México.
- Ruiz, T. E., Febles, G. & Alonso, J. 2015. Estudios con leguminosas, un aporte a la ciencia durante los cincuenta años del Instituto de Ciencia Animal. *Cuban J. Agric. Sci.* 49:233-241
- Ruiz, T. E., Febles, G., Jordán, H. y Díaz, H. 2010. El árbol y su efecto en la estabilidad productiva del pasto en un sistema silvopastoril. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 44:297-300.
- Ruiz, T. E., Febles, G., Jordán, H., Castillo, E., Simon, L., Lámela, L. & Hernández, I. 2003. Desarrollo de estudios integrales en Leucaena en Sistemas Silvopastoriles en Cuba. A.C.C. Cuba. Premio Academia de Ciencia de Cuba. Available: https://www.redciencia.cu/cienciacu_en/canales/acc/agrarias2002_r4_en.php
- Ruiz, T. E., Febles, G., Jordán, H. & Castillo, E. 2005. Las leguminosas: sus posibilidades para implantar sistemas ganaderos sostenibles. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 39:501-512
- Shapiro, S. & Wilk, B. (1965) An análisis of variante test for normality (complete simples) *Biométrica*, 52, pp 591-611
- Shelton, M. 2017. Seven decades of leucaena R&D&E in Australia: What we have achieved. En: Chará J., Peri P., Rivera J., Murgueitio E., Castaño K. 2017. *Sistemas Silvopastoriles: Aportes a los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. CIPAV. Cali, Colombia. Fundación CIPAV. ISBN: 978-958-9386-78-1. p 367-377
- Villate, M., Pérez, J., Ricardo, N. E., Acosta, Z., Vento, A. D., González, E., Alfonso, J. & Varela, N. 2016. Especies exóticas invasoras en el Jardín Botánico de Pinar del Río, Cuba. *Acta Botánica Cubana* Vol. 215, No. 1 pp. 101. Available: revistas.geotech.cu/index.php/abc/article/view/86
- Yelenik, S.G., W. D. Stock & D. M. Richardson. 2004. Ecosystem Level Impacts of Invasive *Acacia saligna* in the South African Fynbos. *Restoration Ecology* Vol 12 N°1, 44-51. Available: www.academia.edu/.../Ecosystem_level_impacts_of_invasive_Acacia_saligna_in_the_South_African_fynbos

Received: May 5, 2017