

Diversidad zoológica asociada a un silvopastoreo leucaena-guinea con diferentes edades de establecimiento

Jatnel Alonso Lazo⁽¹⁾, Nurys Valenciaga Valdés⁽¹⁾, Reginaldo Arruda Sampaio⁽²⁾
y Germano Leão Demolin Leite⁽²⁾

⁽¹⁾Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, La Habana, Cuba. E-mail: jalonso@ica.co.cu, nvalenciaga@ica.co.cu

⁽²⁾Universidade Federal de Minas Gerais, Núcleo de Ciências Agrárias, Dep. de Agropecuária, Caixa Postal 135, CEP 39404-006 Montes Claros, MG. E-mail: rsampaio@ufmg.br, gldleite@ufmg.br

Resumen – El objetivo de este trabajo fue evaluar la diversidad zoológica asociada a un silvopastoreo con leucaena-guinea, por medio de la caracterización de la composición y estructura de las aves, insectos y la macrofauna del suelo, en cuatro edades de establecimiento (3, 4, 5 y 6 años de explotación). Con las especies registradas en cada uno de estos grupos zoológicos, se calcularon los índices ecológicos: número de individuos, riqueza, diversidad y abundancia de especies, en diferentes edades del sistema. En todos los grupos, se apreció el aumento significativo en la riqueza de especies y en el índice de diversidad biológica de Shannon, en la medida que se desarrolló el sistema. Se observó incremento en la abundancia de insectos biorreguladores y, en relación con las aves, el horario de muestreo no mostró interacción con los distintos años de siembra. La macrofauna se incrementó, observándose dominancia de anélidos al 6^o y 7^o año de explotación, caracterizado por *Polyferetrina elongata* y *Oligochaeta elegans*. El desarrollo del silvopastoreo leucaena-guinea logra sistemas productivos pecuarios que aumentan la producción de biomasa y de otros componentes biológicos y contribuir para crear un sistema sostenible y compatible con el ambiente.

Términos para indexación: *Leucaena leucocephala*, *Panicum maximum*, aves, insectos, macrofauna, sostenibilidad.

Zoological diversity associated to a silvopastoral system leucaena-guinea grass with different establishment times

Abstract – The aim of this work was to evaluate the associated zoological diversity of a silvopastoral system leucaena-guinea grass, by characterizing the composition and structures of the birds, insects and the macrofauna of the soil, in four establishment times of the silvopastoral systems (3, 4, 5 and 6 years of exploitation). For the species recorded in each zoological group, the following ecological indices were determined: number of individuals, richness, diversity and abundance of species, in each establishment times of the system. A significant increase, in all the zoological groups, was observed for the richness of species and for the index of biological diversity of Shannon, as the system developed. An increase in the abundance of bioregulator insects was observed, and for the birds, the sampling time showed no interaction with the different sowing years. The macrofauna of the soil increased during the management of the system, and a dominance of annelids (*Polyferetrina elongata* and *Oligochaeta elegans*) was noted during the 6th and 7th year of exploitation. The silvopastoral system leucaena-guinea grass increases the biomass production and other biological components, and contributes to create a sustainable system which is compatible with the environment.

Index terms: *Leucaena leucocephala*, *Panicum maximum*, birds, insects, macrofauna, sustainability.

Introducción

La mayoría de los modelos de desarrollo agropecuario, aplicados tradicionalmente en los países tropicales, han sido considerados, entre otros aspectos, no sostenibles en términos del uso de la tierra (Masis & Sancho, 1994). Por esta razón, es importante aplicar, tanto a los modelos

actuales como a las nuevas propuestas de uso de la tierra, indicadores que permitan la interpretación de sostenibilidad.

En los sistemas silvopastoriles, la disponibilidad de alimentos, la variabilidad en la composición de estos en términos de la riqueza florística, así como los demás componentes edáficos y culturales han demostrado

(Urios & Ríos, 2003) que en los ambientes con mayor complejidad biológica se pueden crear condiciones que favorezcan el mejoramiento de las características del agroecosistema, como resultado de la actividad de los organismos presentes (Rodríguez et al., 2002a; Hammer et al., 2003; Lok et al., 2006).

Los árboles y arbustos multipropósito siempre han desempeñado un papel importante en la alimentación de los animales domésticos (Rosales, 1999) y, en la actualidad, el empleo de estos componentes, en sistemas silvopastoriles, es una de las principales estrategias para mantener y conservar la biodiversidad dentro de paisajes dominados por pasturas (Rodríguez et al., 2002a; Hammer et al., 2003; Harvey, 2003; Lok et al., 2006).

Evidentemente, los sistemas con árboles tienen una gran importancia para la producción animal en el trópico, ya que en ellos se interrelacionan factores bióticos, abióticos y socio-económicos que, conjuntamente con la evolución de sus componentes, pueden constituir una premisa indispensable para conocer la sostenibilidad de dichos sistemas. Entre estos factores, algunos índices de diversidad biológica constituyen indicadores fundamentales para determinarse el equilibrio biológico y ecológico del agroecosistema, los cuales, en dependencia del nivel poblacional y del grado de daños manifestado por algunas especies, pueden llegar a provocar sistemas inestables.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la composición de diversos grupos zoológicos, macrofauna, aves e insectos, asociados a un sistema silvopastoril leucaena-guinea, en diferentes edades de establecimiento del silvopastoreo.

Material y Métodos

El trabajo se desarrolló durante 4 años, a partir de la primavera del año 2000, en áreas de un silvopastoreo leucaena (*Leucaena leucocephala* cv. Perú) y guinea (*Panicum maximum* cv. Likoni), sembradas según tecnología para el establecimiento de esta arborea (Ruiz & Febles, 1999), sobre un suelo ferrálico rojo del grupo ferrasoles (Hernández et al., 1999), en una unidad para la producción de leche ubicada en el Instituto de Ciencia Animal, en San José de las Lajas, La Habana, Cuba. La primavera en Cuba comienza en el mes de mayo y termina en octubre (período lluvioso), y la seca comienza en noviembre y termina en marzo (período poco lluvioso). Cada uno de los indicadores se estudiaron indistintamente, para cada una de estas épocas.

Se identificaron cuatro edades de establecimientos delimitados con cerca eléctrica, en correspondencia con la edad de los árboles y la fecha de siembra. Las principales características que diferenciaron las edades de establecimiento del sistema, al comenzar el trabajo, consistieron en que la siembra realizada en 1995 (con 6 años de explotación) transcurría por el segundo año después de la primera poda, con una densidad de 400 árboles ha⁻¹ como sombra y una altura de 4 m; la siembra del año 1996 (con 5 años de explotación) se pudo después de un año de comenzado este trabajo, y se utilizó una densidad de 1.100 árboles ha⁻¹ como sombra, con una altura de 2,37 m; la siembra llevada a cabo en 1997 (con 4 años de explotación) no requería aún de la labor de poda y se manejaba en la primera fase del sistema silvopastoril, con densidad de 13.000 plantas ha⁻¹, su altura promedio era de 2,04 m, y la siembra fue llevada a cabo en 1998 (con 3 años de explotación), con característica similar a la anterior, pero con altura promedio de los árboles de 1,24 m. En las siembras de 1997 y 1998, los árboles no fueron considerados como de sombra, ya que eran consumidas por los animales en cada pastoreo.

El área media, en cada edad de establecimiento, fue 2,3 ha, y se utilizaron doble surcos de leucaena, separados entre sí a 70 cm y 3 m entre los doble surcos de la arborea. La distancia entre plantas fue de 50 cm, con 2 o 3 semillas por golpe. El pasto base tenía más de 15 años de establecido y no fue sembrado para establecer el sistema. Se utilizaba un rebaño de 50 vacas que se manejaban en 18 ha, donde predominaba la raza Holstein y Siboney de Cuba. Como promedio, los animales se explotaban en su quinta lactancia, en un pastoreo rotacional de 28 cuarterones, con un tiempo de ocupación de 1 y 2 días y tiempos de reposo de 27 y 54 días para el período lluvioso (mayo–octubre) y poco lluvioso (noviembre–marzo), respectivamente, en el área de la leucaena. La intensidad de pastoreo fue de 127 animales por hectare.

Para el estudio de las aves, se utilizó el método de parcelas circulares propuesto por Reynolds et al. (1980). Dentro de cada uno de los cuarterones de todos los años de siembra (1995–1998), se ubicaron al azar 2 parcelas con un radio fijo de 10 m, de forma tal que no existiera solapamiento entre una y otra, para un total de 28 parcelas circulares en todo el sistema, y los muestreos

se realizaron una vez por período climático, durante un año (junio del 2001 a mayo del 2002) en el horario de la mañana. Se utilizó la guía de Garrido & Kirkconnell (2000), para la identificación de las aves en el campo.

En cada una de estas parcelas experimentales, se tomaron al azar, con la ayuda de la red entomológica, 20 redadas en cada componente vegetal del sistema leucaena-guinea, para conformar una muestra por parcela de los artrópodos asociados. Las muestras eran depositadas en bolsas plásticas transparentes y llevadas al laboratorio, donde se identificaban taxonómicamente bajo el microscopio estereoscópico. En la identificación de las especies, se emplearon las claves dicotómicas de Zayas (1988) y las colecciones entomológicas del Instituto de Ciencia Animal. Las hormigas y las arañas fueron identificadas por especialistas del Museo de Historia Natural de Cuba.

Con el uso de marcos de 0,0625 m² en estas áreas, se caracterizó la macrofauna del suelo a una profundidad de 0–10 cm, según la metodología de Springett (1981). En cada uno de los años de siembra, se tomaron 25 muestras, y la frecuencia de muestreo utilizada fue de una vez para cada período climático durante los años de estudio.

Con las especies registradas en cada uno de estos grupos zoológicos, se calcularon los índices ecológicos: número de individuos, riqueza, diversidad y abundancia de especies según Fontenla et al. (1987), en cada una de las edades de establecimiento del sistema, con las fórmulas clásicas de Shannon-Weaver $H' = -\sum_{i=1}^S \ln(p_i)$ para la diversidad (H'), y Simpson $-D = 100(\sum ni/N) - 1$ para la abundancia (D), en las cuales $p_i = ni/N$; n_i es el número de individuos de cada especie; N es el número total de individuos; y S es la riqueza (cantidad de especies presentes).

Con los resultados obtenidos, se realizó el análisis de varianza, según modelo de clasificación simple, en que los efectos evaluados fueron los distintos períodos climáticos y las diferentes edades del sistema. Se aplicó la dócima de rango múltiple de Duncan en los casos necesarios y, para la abundancia relativa de especies, se utilizó, dentro de cada período climático, la dócima cuadrada. El número de individuos por metro cuadrado y la riqueza de especies fueron transformados según $x^{0.5}$.

Resultados y Discusión

En todos los casos, se apreció un aumento significativo en la riqueza de especie y en el índice de diversidad biológica de Shannon, en la medida que se desarrolló el sistema para los grupos zoológicos estudiados. Existe una gran cantidad de especies que se asocian a los sistemas leucaena-guinea, con una abundancia superior al 2% (Cuadro 1). En el período lluvioso, la abundancia de especies tuvo una distribución más amplia, con una mayor aparición que en el período poco lluvioso, y los mayores porcentajes correspondieron a los fitófagos *Heteropsylla cubana* (21,85%) y *Mormidea pictiventris* (11,43%). De los insectos biorreguladores, los mayores porcentajes en este período correspondieron a las hormigas *Wasmannia auropunctata* (4,87%) y *Pheidole megacephala*, *Tetramorium bicarinatum* y *Dorymyrmex insularis* (13,38%) y la tijereta *Doru taeniatum* (15,71%). En el período poco lluvioso, la especie con mayor abundancia fue *Heteropsylla cubana* (48,89%), lo mismo lo observó Valenciaga (2003). Estos resultados corresponden con el potencial biótico de cada una de las especies que, en la mayoría, coinciden con la época de mayor precipitación, que es donde existen las mejores condiciones de humedad

Cuadro 1. Abundancia relativa de los principales artrópodos asociados a la parte aérea de un sistema silvopastoreo leucaena-guinea, bajo las condiciones de Cuba⁽¹⁾.

Artrópodos	Abundancia (%)	
	Lluvioso	Poco lluvioso
<i>Heteropsylla cubana</i> ⁽²⁾ Crawford (Hemiptera: Psyllidae)	21,85a	48,89a
<i>Empoasca</i> sp. ⁽²⁾ (Hemiptera: Cicadellidae)	6,05e	8,93c
<i>Mormidea pictiventris</i> ⁽²⁾ Stal (Hemiptera: Pentatomidae)	11,43d	-
<i>Epitrix</i> sp. ⁽²⁾ (Coleoptera: Chrysomelidae)	2,16g	-
<i>Centrinaspis penicellus</i> ⁽²⁾ (Merbst) (Coleoptera: Curculionidae)	3,51fg	-
Diptera - especies no identificadas ⁽²⁾	4,82ef	13,88b
<i>Wasmannia auropunctata</i> ⁽³⁾ (Roger) (Hymenoptera: Formicidae)	4,87ef	2,79e
<i>Pheidole megacephala</i> ⁽³⁾ (F.) (Hymenoptera: Formicidae), <i>Tetramorium bicarinatum</i> ⁽³⁾ (F.) (Hymenoptera: Formicidae) e <i>Dorymyrmex insularis</i> ⁽³⁾ L. (Hymenoptera: Formicidae)	13,38c	9,38c
<i>Doru taeniatum</i> ⁽³⁾ (Dohrn.) (Dermaptera: Forficulidae)	15,71b	-
<i>Leucage argyra</i> ⁽³⁾ (Walckenaer) (Araneae: Tetragnathidae), <i>Peucetia viridans</i> ⁽³⁾ (Hentz) (Araneae: Thomisidae) e <i>Misomenops bellulus</i> ⁽³⁾ (Banks) (Araneae: Thomisidae)	5,92e	6,77d
ES±	0,58***	0,62***

⁽¹⁾Medias con letras diferentes, dentro de cada columna, difieren a $p < 0,05$ por el rango múltiple de Duncan. ⁽²⁾Especies fitófagas. ⁽³⁾Especies biorreguladoras.

relativa y temperatura para el desarrollo de los insectos (Elder, 2002).

El comportamiento de los indicadores de diversidad, evaluados para los artrópodos en los diferentes años de siembra del sistema silvopastoril, en el período lluvioso y poco lluvioso (Cuadro 2), mostró que el número de individuos por metro cuadrado fue mayor en el área con 5 años de explotación (siembra realizada en 1996). En sentido general, la diversidad fue biológicamente mejor en el período lluvioso, con respecto al período poco lluvioso, determinado por el aumento del número de individuos biorreguladores. Sin embargo, el análisis estadístico no posibilitó hacer una valoración evolutiva precisa del sistema, debido a la complejidad que crean las interacciones biológicas y de manejo, que se producen entre los componentes del sistema. Así, la necesidad de podar, para restituir la producción de biomasa del componente arbóreo en la siembra de 1996, interrumpió el probable incremento de la biodiversidad, lo que pudiera reflejarse, en la recuperación encontrada al observar los valores de la siembra de 1995 donde hubo, en ambos períodos diferencias significativas. En este sentido, Lapis & Borden (1993) señalan que la poda provoca la emisión

de nuevos rebrotes, que favorecen la presencia de *H. cubana* y por lo tanto de sus enemigos naturales, incrementando así la diversidad biológica del sistema. No obstante, en cualquiera de los momentos de explotación del sistema, el número total de individuos por metro cuadrado estuvo por debajo de los umbrales de daños económicos establecidos por Nitrogen Fixing Tree Association (1987) para los diferentes fitófagos, probablemente debido al aumento de los biorreguladores.

Otro elemento que pudo influenciar en la dinámica poblacional de los artrópodos fue la presencia de las aves en el sistema. En el Cuadro 2, se aprecia que algunos indicadores de diversidad biológica de las aves asociadas a sistemas silvopastoriles leucaena-guinea mostraron interacción entre los períodos climáticos del año y los diferentes momentos en la explotación del sistema silvopastoril. La interacción encontrada pudo estar relacionada con el desarrollo de las copas de los árboles, la acción antrópica y por el arribo de las aves migratorias durante el período poco lluvioso, en los distintos momentos de explotación del sistema silvopastoril. El número de individuos fue mayor en las áreas con un mayor tiempo de explotación del sistema y

Cuadro 2. Comportamiento de algunos índices de diversidad biológica, en la población de artrópodos, de aves y de la macrofauna del suelo (0–10 cm), asociados a un sistema silvopastoril leucaena-guinea⁽¹⁾.

Indicadores	Años de siembras				ES ±
	1995	1996	1997	1998	
	Artrópodos				
	Período lluvioso ⁽²⁾				
Individuos m ⁻²	0,87b (7,72)	1,23a (15,29)	0,86b (7,68)	0,76b (5,80)	0,04***
Riqueza m ⁻²	0,39 (1,51)	0,40 (1,53)	0,38 (1,45)	0,37 (1,37)	0,01
Biorreguladores m ⁻²	0,23 (0,52)	0,22 (0,47)	0,22 (0,47)	0,23 (0,50)	0,01
Diversidad (H')	1,01a	0,89b	0,95ab	0,88b	0,03*
	Período poco lluvioso ⁽³⁾				
Individuos m ⁻²	0,89b (8,00)	1,56a (24,76)	1,04b (10,85)	0,96b (9,35)	0,06***
Riqueza m ⁻²	0,35b (1,27)	0,41a (1,71)	0,33b (1,08)	0,32b (1,02)	0,01***
Biorreguladores m ⁻²	0,19b (0,37)	0,25a (0,64)	0,19b (0,38)	0,19b (0,35)	0,01***
Diversidad (H')	0,81a	0,68b	0,82a	0,72ab	0,04*
	Aves				
	Período lluvioso ⁽²⁾				
Individuos m ⁻²	4,20abc (18,00)	4,40abc (20,39)	3,66c (14,25)	3,94bc (15,69)	0,23***
Riqueza m ⁻²	2,44b (5,62)	2,77a (7,56)	2,42b (5,67)	2,40b (5,50)	0,10**
Diversidad (H')	0,67b	0,78a	0,65b	0,62b	0,04**
	Período poco lluvioso ⁽³⁾				
Individuos m ⁻²	4,79a (23,19)	4,61ab (21,87)	3,89bc (15,08)	2,27d (5)	0,23***
Riqueza m ⁻²	2,48b (6,00)	2,19b (4,5)	2,16b (4,42)	1,74b (2,75)	0,10**
Diversidad (H')	0,63b	0,42c	0,47c	0,39c	0,04**
	Macrofauna del suelo (poco lluvioso + lluvioso)				
Riqueza ⁽⁴⁾	1,72b (2,89)	1,88a (3,53)	1,64b (2,67)	1,37c (1,81)	0,04***
Individuo/Especie ⁽⁴⁾	1,78ab (3,26)	1,89a (3,58)	1,64b (2,60)	1,28b (1,48)	0,06***
Humedad en el suelo ⁽⁵⁾ (%)	18,12b	20,06a	16,11c	15,72c	0,55***

⁽¹⁾Medias con letras diferentes, dentro de cada fila, difieren a $p < 0,05$ por el rango múltiple de Duncan; los datos entre paréntesis corresponden a los valores reales. ⁽²⁾Mayo–octubre. ⁽³⁾Noviembre–marzo. ⁽⁴⁾Datos transformados según $(x)^{0.5}$. ⁽⁵⁾Datos transformados según $\arcsin(\%)^{0.5}$. * $p < 0,05$. ** $p < 0,01$. *** $p < 0,001$.

sólo mostró diferencia, entre los períodos climáticos del año, para la siembra de 1998 con 3 años de explotación. En este indicador, el poco desarrollo alcanzado por el silvopastoreo pudo caracterizar la interacción encontrada, ya que los árboles aún no tenían una copa desarrollada y, por tanto, la presencia de aves, en el período poco lluvioso fundamentalmente, en esta área, fue menos probable. La riqueza de especies de aves que se asocian a los sistemas silvopastoriles varió de 2,75 a 7,56, en función del momento de explotación del sistema silvopastoril, y fue similar entre las épocas del año, a excepción del área donde el silvopastoreo transitaba por su 5º año, donde se apreció una disminución en el período poco lluvioso.

El menor índice de diversidad biológica (0,39) se alcanzó en el área con 3 años de explotación (siembra en 1998), durante el período poco lluvioso, sin diferir de las áreas que se explotaron en el 4º y 5º año (siembras en 1997 y 1996). Las siembras efectuadas en 1998, 1997 y 1996, en esos momentos de explotación del sistema silvopastoril (3, 4 y 5 años), mostraron un mayor índice de diversidad biológica en el período lluvioso. El área con un tiempo de explotación más prolongado mostró índices de diversidad biológica similares entre los dos períodos climáticos.

En general, de lo anterior se puede deducir que un elemento, que pudo estar presente en la actividad de la avifauna asociada a estos sistemas, estuvo relacionado con el desarrollo productivo que alcanzó el sistema y el manejo que se realizó durante su explotación. Con un mayor tiempo de explotación, se crearon condiciones propicias para que aumentara la presencia de las aves en el sistema, a partir de una mayor área de copa y una mayor productividad. En este sentido, Mahecha (2002) señaló que una abundancia de biomasa, diversidad de especies de plantas, diversidad de agroecosistemas, ecosistemas estables, abundantes nutrientes en el suelo, calidad de los suelos, suficiente agua y climas favorables, benefician la diversidad de especies. La mayor riqueza y diversidad de especies de aves, en los sistemas de producción silvopastoriles con un mayor tiempo en explotación, presumiblemente se relacionan con una elevada disponibilidad de alimentos.

Sin embargo, la labor de poda como práctica inseparable del manejo, para lograr que la biomasa producida por el componente arbóreo esté nuevamente

al alcance de los animales, causó un efecto directo en las aves que se asocian al sistema, lo que se reflejó en una disminución de la riqueza de especie como se encontró, durante el período poco lluvioso, en el área que se explotó durante su 6º año. Esta problemática sólo parece estar asociada con el año en que se realiza la poda, ya que al analizar los resultados del área sembrada en 1995, se apreció un mayor número de individuos en el período poco lluvioso.

La diferencia que ocurre entre las épocas del año, en estas áreas, fue el reflejo del uso que realizaron las aves migratorias de los sistemas silvopastoriles. En el Cuadro 3, se aprecia que en el período poco lluvioso, la bijirita común (*Dendroica palmarum*) fue la especie de mayor abundancia en el área de mayor tiempo de explotación. Además, en esta área se registraron otras especies de aves que, según su gremio de residencia son aves migratorias o residentes de invierno, entre las que se encuentran: bijirita rayada (*Dendroica tigrina*), candelita (*Setophaga ruticilla*), bijirita parula (*Parula americana*), caretica (*Geothlypis trichas*) y bijirita blackburnian (*Dendroica fusca*). En el área con sólo 3 años de explotación (siembra en 1998), la abundancia en el período poco lluvioso no mostró una gran presencia de las especies migratorias, habiendo predominado (Cuadro 3) las especies de residencia permanente, como son la paloma rabiche (*Zenaida macroura*), la garza ganadera (*Bubulcus ibis*) y el judío (*Crotophaga ani*).

Los sistemas silvopastoriles parecen jugar un papel determinante, no solamente en la conservación de

Cuadro 3. Abundancia relativa de las aves asociadas a la parte aérea de un sistema silvopastoril leucaena-guinea, bajo las condiciones de Cuba.

Aves	Abundancia (%)	
	3 años	6 años
<i>Dendroica palmarum</i>	11,67	41,24
<i>Vireo solitarius</i>	0,00	17,25
<i>Sturnela magna</i>	0,00	8,89
<i>Bubulcus ibis</i>	26,67	5,66
<i>Dendroica tigrina</i>	0,00	5,39
<i>Zenaida macroura</i>	36,67	4,31
<i>Setophaga ruticilla</i>	0,00	4,04
<i>Tiaris olivacea</i>	0,00	2,7
<i>Myiarchus sagrae</i>	0,00	1,62
<i>Parula americana</i>	0,00	1,62
<i>Geothlypis trichas</i>	0,00	0,81
<i>Dendroica fusca</i>	0,00	0,81
<i>Progne subis</i>	11,67	0,00
<i>Crotophaga ani</i>	13,33	0,00

especies de pájaros residentes, sino también en la conservación de muchas especies que migran hacia el hemisferio norte desde América Central y que, por sus hábitos de conducta, no utilizan los ecosistemas de pastizales, como es el caso de la bijirita común (*Dendroica palmarum*). Estudios realizados indican que un subgrupo de estas especies migratorias es capaz de usar los sistemas ganaderos, y que las pasturas con árboles aislados constituyen mejor habitat que las pasturas abiertas, donde faltan sitios de perchas (donde se posan) (Martin & Finch, 1995).

En general, para las diferentes modalidades de los sistemas silvopastoriles, la presencia de otros elementos lineales del paisaje, tales como cercos vivos o setos de arbustos, la presencia de árboles (30 árboles por ha) y de arbustos, no sólo permite el movimiento de variadas especies, sino que, además, provee un habitat adecuado para numerosas especies nativas (Martin & Finch, 1995; Murgueitio & Calle, 1998), y reduce el efecto negativo del establecimiento de pastizales sobre las aves (Harvey, 2000). Este resultado se puede relacionar con la diferencia que se obtiene con los sistemas silvopastoriles, en el número de estratos vegetales y con la presencia de un estrato medio de arbustos de leucaena, que, conjuntamente con el tiempo de explotación del sistema, propiciaron un aumento de la productividad total del sistema, la diversidad vegetal y por lo tanto del número de especies asociadas.

Fue observada interacción ($p < 0,001$) entre los años de siembra y los diferentes momentos evolutivos del sistema, con relación con el número de individuos y la biomasa de la macrofauna del suelo (Cuadro 4). En los primeros 10 cm de suelo, la interacción encontrada para el número de individuos de la macrofauna se caracterizó por un comportamiento desigual, según los diferentes

momentos por lo que transita el silvopastoreo. Así, se encontraron aumentos significativos de proporciones diferentes en los 4 años de siembra, hasta el período poco lluvioso del año 2002. Posteriormente, en todos los casos, se apreció una disminución que fue de interés para la siembras de 1995 y 1998 (Cuadro 4). Por su parte, la biomasa de la macrofauna del suelo (Cuadro 4) fue muy similar, durante todo el período evaluado para los diferentes años de siembra, excepto que en el período lluvioso del 2002 este indicador aumentó drásticamente para la siembra realizada en 1996.

En ambos los indicadores, las interacciones encontradas pudieron estar determinadas, fundamentalmente, por el comportamiento encontrado en la siembra de 1995, que se caracterizó, en sus inicios, por un manejo inadecuado del sistema, que provocó una disminución de la densidad arbórea. Otro elemento, que puede ayudar a explicar en parte ésta interacción, puede ser relacionado con la producción de biomasa del sistema, ya que esta constituye una de las fuentes de alimento de los organismos del suelo. Además, esta interacción pudiera estar determinada por distintos elementos que intervienen, por medio del manejo, en el desarrollo del agroecosistema.

Al analizar estos indicadores en conjunto, todo parece indicar que en el silvopastoreo, la macrofauna del suelo es dominada por un determinado número de especies, en la medida que el sistema tiene un mayor tiempo de explotación, lo que también puede haber influido en este resultado. Sánchez & Milera (2002) encontraron que la biota del suelo fue favorecida por el uso del silvopastoreo, que creó condiciones apropiadas para el desarrollo y actividad de estos organismos desde el período de establecimiento, lo que cambió totalmente, en sentido positivo, la situación de la biocenosis en un suelo donde,

Cuadro 4. Evolución del número de individuos e de la biomasa (g m^{-2}), en la macrofauna del suelo, en sistemas leucaena-guinea con diferentes tiempos de explotación⁽¹⁾.

Años	2000		2001		2002	
	Lluvia	Poco lluvioso	Lluvia	Poco lluvioso	Lluvia	Lluvia
	Números de individuos					
1995	1,258gh	1,674fgh	3,780cd	5,256a	3,237de	3,237de
1996	1,420fgh	3,054e	3,190de	4,584ab	4,447bc	4,447bc
1997	1,452fgh	2,108f	2,054fg	3,802cd	3,513de	3,513de
1998	1,316fgh	1,073h	1,484fgh	2,920e	2,081f	2,081f
ES±	0,25***					
	Biomasa (g m^{-2})					
1995	0,073b	0,359bcd	1,099cd	0,573bcd	1,177d	1,177d
1996	0,057b	0,370bcd	0,396bcd	0,718bcd	4,080a	4,080a
1997	0,031bc	0,132bc	0,430 bcd	0,443bcd	0,669bcd	0,669bcd
1998	0,079b	0,023bc	0,113bc	0,153bc	0,264bcd	0,264bcd
ES±	0,29***					

⁽¹⁾Medias con letras diferentes, dentro de cada indicador, difieren a $p < 0,001$ por el rango múltiple de Duncan.

prácticamente, había desaparecido esta importante actividad. Cordero & Boshier (2003) señalaron otras interacciones que pueden ser benéficas, con la presencia de los árboles y arbustos de leguminosas en los sistemas de pastoreo, que se traducen, además del N fijado, en un aumento del reciclaje de nutrientes por el retorno al suelo de hojas, frutas, ramas, heces y orinas.

La riqueza de especie y la relación individuo/especie, como índices de diversidad biológica, mostraron un incremento, en sentido general, en la medida que aumentó el tiempo de explotación (Cuadro 2), y alcanzaron los valores más altos durante el 5º año de explotación (siembra realizada en 1996). A partir de este momento, se apreció una ligera disminución para la riqueza de especies, cuando el sistema continuó desarrollando en el tiempo (siembra realizada en 1995). Estos resultados reafirman que la diversidad biológica de la macrofauna, en el sistema leucaena-guinea, aunque aumenta en los primeros 5 años de explotación, posteriormente, puede disminuir ya que, según lo planteado por Somarriba (1999), este índice está determinado por la riqueza de especies y la distribución proporcional de los individuos. La mayor abundancia de los individuos de la macrofauna, en el sistema con más tiempo de explotación (siembra en 1995), se debió a la presencia de las lombrices y a las larvas de coleópteros (Cuadro 5). En el caso de las lombrices, predominaron las especies *Oligochaeta elegans* y *Polyferetrina elongata*, que son precisamente las que tienen el mayor peso en las actividades de la descomposición, en el traslado de la materia orgánica y en el reciclaje de nutrientes en general (Rodríguez et al., 2002b). En este contexto, la biomasa de la macrofauna del suelo desempeña un papel importante, pues es parte fundamental de la fertilidad como fuente y reservorio de nutrientes, especialmente de nitrógeno y fósforo para las plantas (Esquivel, 1999).

Cuadro 5. Abundancia relativa de las principales especies de la macrofauna en los primeros 10 cm de suelo, de un sistema silvopastoral leucaena-guinea, bajo las condiciones de Cuba.

Macrofauna	Abundancia en 7 años
<i>Polyferetrina elongata</i> (Annelidae: Oligochaeta)	3,80
<i>Oligochaeta elegans</i> (Annelidae: Oligochaeta)	1,70
Huevos de lombrices	0,80
<i>Escolopendra</i> sp.	0,30
<i>Helix</i> sp.	0,20
<i>Achatina</i> sp. (Mollusca: Gasteropoda)	0,70
<i>Armadillium vulgares</i>	0,40
Larvas de coleópteros – no identificado	2,90
Coleópteros – no identificado	0,60

Conclusiones

1. El silvopastoreo leucaena-guinea puede lograr sistemas productivos que no provocan un impacto negativo en la diversidad zoológica.
2. La macrofauna del suelo aumenta con un mayor tiempo de explotación del sistema, con una dominancia de las lombrices y los coleópteros a partir del 5º año.
3. El principal fitófago asociado al sistema es *Heteropsylla cubana*, con mayor abundancia en el período poco lluvioso; este indicador es superior para las especies biorreguladoras en el período lluvioso.
4. La mayor abundancia de especies, en el período poco lluvioso, corresponde a las aves migratorias, destacándose *Dendroica palmarum*.
5. En el período lluvioso, las especies residentes en Cuba son las de mayor abundancia, y hay una mayor actividad reproductiva de *Zenaida macroura* con el aumento del tiempo de explotación del sistema.

Referencias

- CORDERO, J.; BOSHIER, D.H. **Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas**. Turrialba: OFI/CATIE, 2003. 1079p.
- ELDER, R. **Leucaena psyllid in Leucaena**. 2002. Available at: <http://www2.dpi.qld.gov.au/beef/3180.html>. Accessed on: 7 nov. 2007.
- ESQUIVEL, J.Q. **Comparación del poró (*Erythrina berteroana*) y madero negro (*Gliricidia sepium*) en un sistema silvopastoral con *Brachiaria brizantha*, con una asociación de *Brachiaria brizantha* y *Arachis pintoi***: II. Actividad microbiana y distribución espacial de lombrices. Agroforestería para la producción animal sostenible. In: SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS AGROPECUARIOS SOSTENIBLES, 6., 1999, Cali, Colombia. [Anales]. Cali: [s.n.], 1999.
- FONTENLA, J.L.; RODRÍGUEZ, R.; SURI, M. Estructura y organización de dos comunidades de Coccidae (Insecta:Homoptera) en dos cultivares de cítricos. **Reporte de Investigación del Instituto de Ecología y Sistemática**, v.45. p.1-28, 1987.
- GARRIDO, H.O.; KIRKCONNELL, A. **Field guide to the birds of Cuba**. New York: Cornell University Press, 2000. 253p.
- HAMMER, K.; GLADIS, T.; DIEDERICHSEN, A. In situ and on-farm management of plant genetic resources. **European Journal of Agronomy**, v.19, p.509-517, 2003.
- HARVEY, C.A. **La conservación de la biodiversidad en sistemas silvopastoriles**. Turrialba: CATIE, 2003.
- HARVEY, C.A. Windbreaks enhance seed dispersal into agricultural landscape in Monteverde, Costa Rica. **Ecological Applications**, v.10, p.155-173, 2000.
- HERNÁNDEZ, A.; PÉREZ, J.M.; BOSCH, D.; RIVERO, L.; CAMACHO, E.; RUÍZ, J.; SALGADO, E.J.; MARSÁN, R.; OBREGÓN, A.; TORRES, J.M.; GONZÁLEZ DE LA TORRE,

- J.E.; ORELLANA, R.; PANEQUE, J.; NÁPOLES, P.; FUENTES, E.; DURAN, J. L.; PEÑA, J.; CID, G.; PONCE DE LEÓN, D.; HERNÁNDEZ, M.; FROMETA, E.; FERNÁNDEZ, L.; CARCÉS, N.; MORALES, M.; SUÁREZ, E.; MARTÍNEZ, E.; RUÍZ DE LEÓN, J.M. **Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba**. La Habana: Ministerio de la Agricultura, 1999. 26p.
- LAPIS, E.B.; BORDEN, J.H. Olfactory discrimination by *Heteropsylla cubana* (Homoptera: Psyllidae) between susceptible and resistant species of *Leucaena* (Leguminosae). **Journal of Chemical Ecology**, v.19, p.83-96, 1993.
- LOK, S.; CRESPO, G.; FROMETA, E.; FRAGA, S. Study of indicators of pasture and soil stability in a silvopastoral system with dairy heifers. **Revista Cubana de Ciencia Agrícola**, v.40, p.215-223, 2006.
- MAHECHA, L. El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v.15, p.226-231, 2002.
- MARTIN, T.E.; FINCH, D.M. (Ed.) **Ecology and management of neotropical migratory birds: a synthesis and review of critical issues**. New York: Oxford University Press, 1995. 489p.
- MASIS, G.M.Y.; SANCHO, M.F. **La agricultura de exportación en Centroamérica: opciones de desarrollo en la década de los 90**. San José de Costa Rica: EDS, 1994. 460p.
- MURGUEITIO, E.; CALLE, Z. Diversidad biológica en sistemas de ganadería bovina en Colombia. In: CONFERENCIA ELECTRÓNICA DE LA FAO SOBRE AGROFORESTERÍA PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL EN LATINOAMÉRICA, 1998, Roma. [Anales]. Roma: FAO, 1998. p.27-46.
- NITROGEN FIXING TREE ASSOCIATION. Proceedings of a Workshop on Biological and Genetic Control Strategies for the *Leucaena* Psyllid. **Leucaena Research Reports**, v.7, 109p. 1987.
- REYNOLDS, R.R.; SCOTT, J.M.; NUSSBAUM, R.A. A variable circular-plot method for estimating bird numbers. **Condor**, v.82, p.309-313, 1980.
- RODRÍGUEZ, I.; CRESPO, G.; RODRIGUEZ, C.; CASTILLO, E.; FRAGA, S. Performance of soil macrofauna in pure natural grasslands or intercropped with leucaena for bull fattening. **Revista Cubana de Ciencia Agrícola**, v.36, p.173-178, 2002a.
- RODRÍGUEZ, I.; TORRES, V.; CRESPO, G.; FRAGA, S. Biomasa y diversidad de la macrofauna del suelo en diferentes pastizales. **Revista Cubana de Ciencia Agrícola**, v.36, p.403-408, 2002b.
- ROSALES MÉNDEZ, M. Mezclas de forrajes: uso de la diversidad forrajera tropical en sistemas agroforestales. In: CONFERENCIA ELECTRÓNICA DE LA FAO SOBRE AGROFORESTERÍA PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL EN LATINOAMÉRICA. [Anales]. Roma: FAO, 1999. p.145-160
- RUÍZ, T.E.; FEBLES, G. **Sistemas silvopastoriles: conceptos y tecnologías desarrolladas en el Instituto de Ciencia Animal de Cuba**. La Habana: Edica, 1999. p.34
- SÁNCHEZ, S.Y.; MILERA, M. Dinámica de la macrofauna edáfica en la sucesión de un sistema de manejo de gramíneas a un sistema con árboles intercalados en el pasto. **Pastos y Forrajes**, v.25, p.189, 2002.
- SOMARRIBA, E. Diversidad Shannon. **Agroforestería en las Américas**, v.6, p.72-74, 1999.
- SPRINGETT, J. A new method for extracting earthworm from soil cores with comparison of four commonly used methods for estimating earthworm population. **Pedobiología**, v.21, p.217-222, 1981.
- URIOS, V.; RÍOS, S. **Ganadería y biodiversidad**. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 2003. (Curso Internacional sobre Ganadería y Medio Ambiente).
- VALENCIAGA, N. **Biología, ecología y base teórica para establecer las alternativas de manejo de *Heteropsylla cubana* Crawford (Hemiptera: Psyllidae) en *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit**. 2003. 96p. Tesis (Doctor) - Instituto de Ciencia Animal, La Habana.
- ZAYAS, F. Tópicos entomológicos a nivel medio para uso didáctico: superorden Hemipteroidea: orden Homoptera: orden Heteroptera. In: **Entomofauna cubana**. La Habana: Editorial Científico-Técnica, 1988.

Recibido el 27 de junio de 2007 y aceptado el 31 de octubre de 2007