

## EFFECTO DEL SISTEMA SILVOPASTORIL EN LA FERTILIDAD EDÁFICA EN UNIDADES LECHERAS DE LA EMPRESA NAZARENO

Saray Sánchez, Marta Hernández y L. Simón

Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"  
Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba  
E-mail: [saray@indio.atenas.inf.cu](mailto:saray@indio.atenas.inf.cu)

Con el objetivo de determinar el efecto de un sistema silvopastoril en la macrofauna edáfica y en la fertilidad de tres suelos de una empresa ganadera, se realizó un estudio durante tres años. Para los muestreos se tuvo en cuenta el 10 % del total de los cuarteles de cada unidad, los cuales se seleccionaron al azar. En el caso de la macrofauna, en cada cuartón seleccionado se excavaron calicatas de 25 x 25 x 30 cm y las muestras fueron separadas en hojarasca (si la había), 0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm, de acuerdo con la metodología TSBF. La macrofauna fue separada y contada manualmente e identificada al nivel taxonómico de orden. Los muestreos de suelo se hicieron a una profundidad de 0-20 cm al inicio y al final de la etapa experimental y se determinó: pH, Na, K, Mg, Ca, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y MO. En el muestreo final se determinó el nitrógeno fácilmente hidrolizable. La introducción de los árboles en los pastizales contribuye a incrementar la densidad de individuos por área, así como la diversidad de estos, lo cual parece influir de forma positiva en los nutrientes del suelo y, especialmente, en el nitrógeno fácilmente aprovechable por las plantas. En sentido general en las unidades con silvopastoreo los órdenes más representativos fueron *Haplotaxida* y *Coleoptera*, ambos considerados de gran importancia en el reciclaje de nutrientes.

**Palabras clave:** Organismos del suelo, sistemas silvopascícolas

With the objective of determining the effect of a silvopastoral system on the edaphic macrofauna and the fertility of three soils in a livestock enterprise, a study was carried out during three years. For the samplings, 10 % from the total of paddocks in each unit, which were randomly selected, were taken into account. In the case of macrofauna, in each selected paddock, 25 x 25 x 30 cm trial pits were dug and the samples were separated in litter (if it was there), 0-10 cm, 10-20 cm and 20-30 cm, according to the TSBF methodology. The macrofauna was manually separated and counted, and identified at the taxonomic level of order. Soil samplings were performed at a depth of 0-20 cm at the beginning and the end of the experimental stage, and pH, Na, K, Mg, Ca, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and OM were determined. In the final sampling, easily hydrolyzable nitrogen was determined. The introduction of trees in pastures contributes to increase density of individuals per area, as well as their diversity, which seems to influence positively soil nutrients and specially the nitrogen easily used by plants. Generally, in the units with silvopastoral systems the most representative orders were *Haplotaxida* and *Coleoptera*, both considered as very important in nutrient recycling.

**Key words:** Soil organisms, silvopastoral systems

En los últimos diez años se ha incrementado la preocupación por el alarmante deterioro de los pastizales en extensas regiones de clima tropical, que se debe, entre otras causas, a la inapropiada regionalización de los pastos, los ineficientes métodos de manejo y de control de malezas y las sequías prolongadas. Unido a todo lo anterior, la pérdida gradual de la fertilidad del

suelo, en especial la marcada disminución del contenido de N fácilmente asimilable, constituye un factor de considerables dimensiones (Crespo, 2002).

En tal sentido, la integración de las leguminosas arbóreas con las gramíneas puede ser una alternativa adecuada, pues además de facilitar el incremento de la cantidad y la calidad de la biomasa

comestible para la producción animal por cantidad de área (Simón y Cruz, 1998; Hernández, Carballo y Reyes, 2000; Reinoso, 2001), puede contribuir a mejorar la fertilidad del suelo y a la conservación y recuperación del medio ambiente (Fraile, 1989; Sánchez, Hernández y Simón, 1998).

Tomando en consideración lo anterior se realizó este estudio, con el objetivo de determinar el efecto de un sistema silvopastoril en la macrofauna edáfica y en la fertilidad de tres suelos de una empresa ganadera.

### MATERIALES Y MÉTODOS

A finales del período lluvioso (octubre de 1997 y 1999) se realizó un estudio en la Empresa Genética "Nazareno", situada al suroeste de la provincia Ciudad de La Habana a 23° 10' de longitud norte y a los 82° 30' de longitud oeste. Se muestrearon tres áreas representativas de la Empresa, las cuales se describen a continuación:

**Area No. 1.** Unidad 52, de la Granja Nazareno. Sus suelos pertenecen al grupo Ferralítico Rojo, contaba con 67 cuartones de 4 000 m<sup>2</sup> cada uno, con sistema silvopastoril; el pasto predominante era *Cynodon nlemfuensis* (65 %), además de presentar un 20 % de pasto natural y un 2 % de leguminosas herbáceas. La planta arbórea empleada fue *Leucaena leucocephala*, sembrada con una densidad que varió entre 3 000 y 6 000 plantas/ha.

**Area No. 2.** Unidad 20, Granja Pedro Pi. Suelo Pardo con Carbonatos. Tenía 67 cuartones de 3 400 m<sup>2</sup> cada uno, donde el pasto predominante fue también *C. nlemfuensis* (62 %), un 24 % de pasto natural y un 7 % de leguminosas herbáceas. Se sembró la arbórea *L. leucocephala* con la misma densidad que en la unidad 52.

**Area No. 3.** Unidad 47, perteneciente a la Granja Nazareno. Suelo Ferralítico Rojo. Esta unidad no tenía *L. leucocephala* y se tomó como testigo; el pastizal estaba compuesto por *Panicum maximum* (70 %), 10 % de pasto natural y 5 % de leguminosas herbáceas con igual número de cuartones que las otras dos unidades.

### Procedimiento experimental

Para los muestreos se tuvo en cuenta el 10 % del total de los cuartones de cada unidad, los cuales se seleccionaron al azar.

En el caso de la macrofauna, en cada cuartón seleccionado se excavaron calicatas de 25 x 25 x 30 cm y las muestras fueron separadas en hojarasca (si la había), 0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm, de acuerdo con la metodología TSBF (Anderson e Ingram, 1993). La macrofauna fue separada y contada manualmente e identificada al nivel taxonómico de orden.

Los muestreos de suelo se hicieron a una profundidad de 0-20 cm al inicio y al final de la etapa experimental y se determinó: pH, Na, K, Mg, Ca, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y MO. En el muestreo final se determinó el nitrógeno fácilmente hidrolizable (NFH). Los análisis se hicieron en el Laboratorio Provincial de Suelos.

Se determinó la densidad de individuos/m<sup>2</sup> y a partir de estos datos se calculó el Índice de Shannon de la diversidad general (H) descrito por Odum (1989) para el análisis de la biodiversidad.

$$H = \sum (n_i/N) \log (n_i/N)$$

Donde:

n<sub>i</sub> = valor de importancia para cada especie

N = total de los valores de importancia

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al estudiar el comportamiento de la macrofauna durante la etapa experimental se pudo constatar que en el año 1997, cuando se inició el estudio (fig.1), la densidad de individuos no presentó diferencia significativa entre los tratamientos, aunque se observó una mayor presencia de organismos en el área 1 con respecto al testigo, ambas sobre un suelo Ferralítico Rojo. A los 2 años se encontró un incremento significativo en las tres unidades lecheras. Sin embargo, es importante resaltar que en aquellas donde se implantó el sistema silvopastoril se logró la colonización de una mayor cantidad de organismos por unidad de área.

Al comparar estadísticamente los resultados obtenidos en las unidades establecidas sobre suelo Ferralítico Rojo (área 1 vs área 3), se apreció que la

densidad de individuos en la unidad 1 superó significativamente a la de la 3 al final del período experimental.

Este comportamiento indica, por una parte, que la introducción de los árboles en dichas unidades, lejos de ser considerado un agente perturbador de la estabilidad de estos sistemas, posibilita un incremento de los invertebrados al regular la temperatura y la humedad ambiental; aunque estos indicadores no fueron medidos en este estudio, existen resultados que evidencian que la sombra proyectada por el follaje de los árboles puede regular ambos factores, especialmente la temperatura del suelo, la cual puede llegar a ser inferior en 10°C a la alcanzada en terreno abierto (Wilson y Wild, 1991; Rodríguez, Crespo, Sánchez y Fraga, 2001). Los resultados coinciden con lo señalado por otros autores en condiciones

similares (Alegre, Pashanasi, Arévalo y Palm, 2001; Luizao, Tapia-Coral, Barros y Wandelli, 2001; Rodríguez, 2001).

Por otro lado, el incremento de los invertebrados en estas unidades lecheras resulta un elemento muy importante en los procesos biológicos que pueden estar ocurriendo en estos sistemas, si se tiene en cuenta que la mayoría de la energía capturada por la vegetación es utilizada por la biota del suelo para una serie de funciones esenciales de la integridad y la productividad del sistema. Estas funciones incluyen la descomposición, el reciclaje de nutrientes, la síntesis y la mineralización de la materia orgánica del suelo; la modificación de su estructura; la regulación de la composición atmosférica y el control biológico de las plagas y las enfermedades del suelo (Palm, Swift y Barois, 2001).

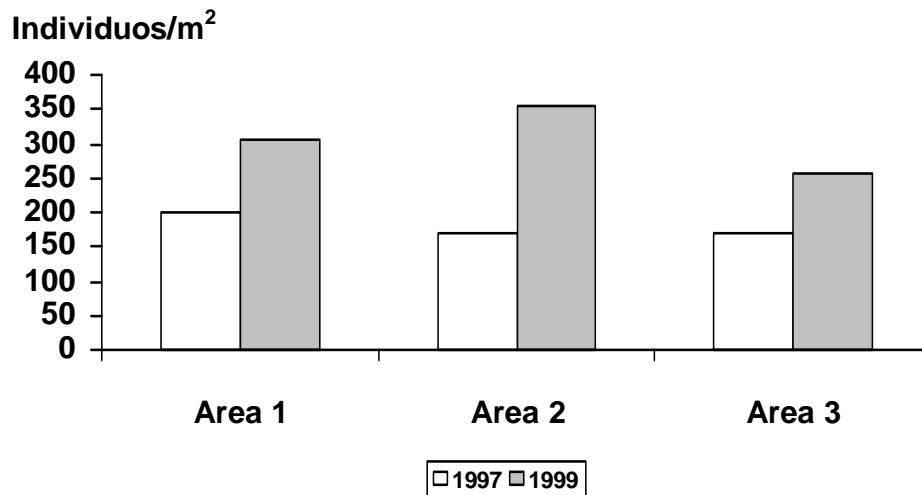


Fig.1. Comportamiento de la macrofauna durante la etapa de estudio.

Según el índice de diversidad de Shannon (H) calculado en cada una de las unidades en estudio (fig. 2) se encontró que, en términos generales, el nivel de diversidad de la macrofauna del suelo aumentó con el transcurso del tiempo en las tres unidades; sin embargo, tendió a ser mayor en las establecidas en suelo Ferralítico Rojo, lo cual parece estar relacionado con sus características, que en comparación con las

del suelo Pardo propician condiciones más favorables a un gran número de organismos.

La tendencia a una mayor diversidad de organismos en el sistema silvopastoril (1 vs 3) indica, según Odum (1989), la presencia de cadenas alimenticias más largas, así como mayores posibilidades de control de la retroalimentación negativa, que reduce las oscilaciones y, por consiguiente, aumenta la estabilidad del sistema.

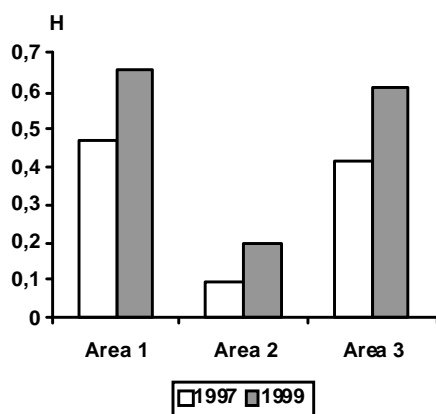


Fig. 2. Índice de diversidad de Shannon.

El área 2 mostró un ligero aumento en el índice de diversidad al final de la etapa experimental; no obstante, los valores fueron muy bajos, lo cual indica un fuerte predominio de unas pocas especies (tabla 1). Aunque se incrementó la presencia de otros órdenes con respecto al año 1997, se apreció que los organismos pertenecientes al orden *Haplotaxida* (lombrices de tierra) fueron los dominantes en este sistema. Por el contrario, en las áreas 1 y 3 se observa una amplia diversidad de órdenes, lo cual está muy relacionado con lo explicado anteriormente.

En sentido general, dentro de los órdenes los más representados en las unidades con silvopastoreo fueron el orden *Haplotaxida*, que agrupa a las lombrices de tierra, seguido de *Coleoptera*; estos resultan de gran importancia en los principales procesos biológicos que se producen en un pastizal y, por ende, repercuten en el reciclaje de nutrientes (Lee, 1994; Kolmans y Vásquez, 1996; Larink y Schrader, 2000).

El análisis químico del suelo al inicio y al final de la etapa experimental se muestra en las tablas 2 y 3.

El pH fue moderadamente ácido en las tres unidades analizadas. El  $\text{Ca}^{++}$  mantuvo cantidades adecuadas y su contenido fue más alto en el área 2, debido a las características de este suelo. También en esta unidad los contenidos de  $\text{Mg}^{++}$  y  $\text{K}^+$  fueron más altos que en las otras dos, lo que pudo estar relacionado con una mayor presencia de lombrices; un resultado similar fue reportado por Gómez (1991) al estudiar

el efecto de *Gliricidia sepium* en un suelo colombiano, ya que según Lavelle y Martin (1992) y Brossard, Lavelle y Laurent (1996) estos organismos liberan en sus excretas grandes cantidades de nutrientes debido a su intensa actividad microbiana y a la que se realiza en sus intestinos.

La relación  $\text{Ca/Mg}$  fue la adecuada y el resto de los nutrimentos se mantuvieron también en valores aceptables.

Tabla 1. Diversidad de órdenes presentes en las áreas 1, 2 y 3 (individuos/m<sup>2</sup>).

	Años	
	1997	1998
Área 1		
Haplotaxida	44	38,66
Coleoptera	120	109,33
Diplopoda	5,33	6,66
Orthoptera	6,66	8
Isopoda	17,33	1,33
Dermaptera	5,33	108
Stylomanthora	0	21,33
Araneae	0	5,33
Diptera	0	8
Área 2		
Haplotaxida	158,8	316,14
Coleoptera	8	4,57
Diplopoda	-	1,14
Orthoptera	1,14	2,28
Isopoda	-	1,14
Dermaptera	-	1,14
Stylomanthora	-	20,57
Araneae	-	2,28
Diptera	-	1,14
Área 3		
Haplotaxida	68	70
Coleoptera	88	88
Diplopoda	4	8
Orthoptera	-	2
Isopoda	8	8
Dermaptera	1,14	10
Lepidoptera	-	6
Araneae	-	4
Diptera	-	2

Tabla 2. Análisis inicial del suelo.

Área	pH KCl	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca/Mg	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MO %
		cmol (+)/kg					mg/100g		
1	6,1	20,26	4,31	0,25	0,19	4,70	20,96	8,27	4,03
2	5,3	48,60	12,24	0,92	0,48	3,97	5,59	24,79	3,83
3	6,2	19,88	3,09	0,33	0,17	6,43	36,31	19,76	4,24

Tabla 3. Análisis final del suelo.

Área	pH KCl	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca/Mg	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MO	NFH
		cmol (+)/kg					mg/100g		%	kg/ha
1	5,8	14,66	3,03	0,20	0,14	4,840	21,96	6,25	2,63	283,52
2	5,8	40,92	8,60	0,85	0,29	4,76	13,40	25,58	2,54	283,20
3	5,9	14,46	3,24	0,40	0,13	4,46	38,31	15,21	2,65	180,13

En cuanto al comportamiento de la materia orgánica se observó que esta disminuyó al final del período experimental, lo cual pudiera estar relacionado con el efecto que ocasiona la diversidad de organismos en su descomposición; ello a su vez posibilita la liberación de nutrientes (N) en forma asimilable para las plantas. En este sentido, al analizar el NFH al final de la etapa experimental se comprobó que su contenido fue mayor en las dos unidades con silvopastoreo (103 kg/ha más que en la unidad testigo).

### CONCLUSIONES

La introducción de los árboles en los pastizales contribuye a incrementar la densidad de individuos por área, así como la diversidad de estos, lo cual parece influir de forma positiva en los nutrientes del suelo y especialmente en el nitrógeno fácilmente aprovechable por las plantas.

En sentido general en las unidades con silvopastoreo los órdenes más representativos fueron *Haplortaxida* y *Coleoptera*, ambos considerados de gran importancia en el reciclaje de nutrientes.

### REFERENCIAS

- Alegre, J.; Pashanasi, B.; Arévalo, L. & Palm, C. 2001. Efecto del manejo del suelo sobre las propiedades biológicas del suelo en los trópicos húmedos del Perú. Resúmenes XV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Centro de Convenciones Plaza América. Varadero, Cuba. Boletín 4, p. 60
- Anderson J.M. & Ingram, J. (Eds.). 1993. Tropical soil biology and fertility. A handbook of methods. 2<sup>nd</sup> edition. CAB International. Wallingford, UK. 221 p.
- Brossard, M.; Lavelle, Patrick & Laurent, J. 1996. Digestion of a vertisol by the endogeic earthworms *Polypheretina elongata*, *Megascolecidae*, increases soil phosphate extractability. **European Journal of Soil Biology**. 32 (2):107
- Crespo, G. 2002. Avances en el conocimiento del reciclaje de los nutrientes en los sistemas silvopastoriles. Conferencia Curso Internacional Silvo-pastoreo. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. (Mimeo)
- Fraile, J.M. 1989. Poblaciones de lombrices de tierra (*Oligochaeta: Annelidae*) en una pastura de *Cynodon plectostachyus* (pasto estrella) asociada con árboles de *Erythrina poeppigiana* (poró), una pastura asociada con árboles de *Cordia alliodora*

- (laurel), una pastura sin árboles y vegetación a libre crecimiento, en el CATIE, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. 236 p.
- Gómez, María E. 1991. Reserva natural El Hatico. CIPAV, Colombia. (Mimeo)
- Hernández, D.; Carballo, Mirta & Reyes, F. 2000. Reflexiones sobre el uso de los pastos en la producción sostenible de leche y carne de res en el trópico. **Pastos y Forrajes**. 23:269
- Kolmans, E. & Vásquez, D. 1996. Manual de agricultura ecológica. Una introducción a los principios básicos y su aplicación. MAELA-SIMAS. Nicaragua. 222 p.
- Larink, O. & Schrader, S. 2000. Rehabilitation of degraded compacted soil by earthworms. **Advances in GeoEcology**. 32:284
- Lavelle, Patrick & Martin, Agnes. 1992. Small scale and large scale effects of endogeic earthworms on soil organic matter dynamics in soils of the humid tropics. **Soil Biol. Biochem.** 24 (12):1491
- Lee, K.E. 1994. The functional significance of biodiversity in soils. 15<sup>th</sup> Congress of Soil Sciences. Vol. 4a: Comisión III: Symposia. Acapulco, México. p. 168
- Luizao, F.J.; Tapia-Coral, S.C.; Barros, E. & Wandelli, E.V. 2001. Relación entre la diversidad encima y dentro del suelo de sistemas agroforestales en la Amazonía Central. Resúmenes XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. Centro de Convenciones Plaza América. Varadero, Cuba. Boletín 4, p. 60
- Odum, E.P. 1989. Ecología. (3<sup>era</sup> ed.). Edición Revolucionaria. La Habana, Cuba. 639 p.
- Palm, C.; Swift, M. & Barois, Isabelle. 2001. Un enfoque integrado para el manejo biológico de los suelos. Resúmenes XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. Centro de Convenciones Plaza América. Varadero, Cuba. Boletín 4, p. 60
- Reinoso, M. 2001. Sistemas Silvopastoriles: Una opción agroecológica para la ganadería. Memorias I Simposio Internacional sobre Ganadería Agroecológica. SIGA. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes. La Habana, Cuba. p. 26
- Rodríguez, Idalmis. 2001. Influencia de las excreciones de vacas lecheras en el agroecosistema de pastizal. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. 96 p.
- Rodríguez, Idalmis; Crespo, G.; Sánchez, R. & Fraga, S. 2001. Influencia del área sombreada por *Albizia lebbbeck* en indicadores del pasto (*C. nlemfuensis*) y el suelo. **Rev. cubana Cienc. agríc.** 34:273
- Sánchez, Saray; Hernández, Marta & Simón, L. 1998. Diversidad de los organismos del suelo bajo un sistema silvopastoril. Memorias III Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 295
- Simón, L. & Cruz, Aida. 1998. Resultados económico-productivos de la validación del silvopastoreo. En: Los árboles en la ganadería. Tomo 1. Silvopastoreo. (Ed. L. Simón). EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 45
- Wilson, J.R. & Wild, D.W.M. 1991. Improvement of nitrogen nutrition and grass growth under shading. In: Forages for plantation crops. (Eds. H.M. Shelton & W.W. Stür). ACIAR. Proceedings No. 32. Canberra, Australia. p. 77

Recibido el 21 de octubre del 2002  
Aceptado el 14 de febrero del 2003