



Original

Follaje, hojarasca y fauna edáfica asociada a tres especies forestales en cercas vivas en ecosistemas ganaderos

Foliage, Dry Leaves, and Edaphic Fauna Associated to Three Forest Species in Hedges of Cattle Ecosystems

Oscar Loyola Hernández *, Delmy Triana González *, Carlos M. Batista Cruz *, Elenia Díaz Hernández **, Edel Pérez Lezcano *

*Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Camagüey, Cuba.

**Centro Universitario municipio Minas, Camagüey, Cuba.

Correspondencia: oscar.loyola@reduc.edu.cu

Recibido: Octubre, 2020; Aceptado: Noviembre, 2020; Publicado: Diciembre, 2020.

RESUMEN

Antecedentes: Los ecosistemas ganaderos requieren de serias transformaciones en los sistemas de manejo, basados en principios agroecológicos, donde la agroforestería puede jugar un importante papel. **Objetivo.** Caracterizar el rendimiento de follaje, hojarasca y la fauna edáfica asociada a tres especies forestales en cercas vivas en ecosistemas ganaderos sobre serpentina de Camagüey.

Métodos: Se desarrolló un estudio durante dos años en áreas de la UBPC Finca Habana perteneciente a la Empresa Pecuaria Minas, Camagüey, en el mismo se utilizaron árboles de *Gliricidia sepium* (Jacq) Kunth ex Walp, *Bursera simaruba* (L) Sargent y *Moringa oleifera* Lam ya establecidos en cercas colindantes plantados a una distancia de 1,0 m. Se evaluó el rendimiento de follaje, la deposición de hojarasca y la macrofauna edáfica asociada a cada una de las arbóreas estudiadas. Se determinaron los estadísticos descriptivos (Media y ES) y se realizó un ANOVA simple para cada una de las variables estudiadas. Las medias se compararon a través de la prueba de rangos múltiples HSD Tukey, para un nivel de significación de $p < 0,05$.

Resultados: Los resultados indican lo beneficioso del uso de estas especies como cercas vivas si se consideran las altas producciones de follaje (entre 1,02 y 2,54 kg MS/a/corte) así como su efecto ambiental positivo al aportar al suelo altas cantidades de hojarasca, así como hospedar cantidades apreciables de fauna edáfica.

Conclusiones: Las especies evaluadas producen altos niveles de forraje y hojarasca al suelo, así como una fauna edáfica asociada abundante.

Palabras clave: ganadería, fauna del suelo, sistemas agroforestales (Fuente: Agrovoc)

Como citar (APA)



©El (los) autor (es), Revista de Producción Animal 2020. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Attribution-NonCommercial 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), asumida por las colecciones de revistas científicas de acceso abierto, según lo recomendado por la Declaración de Budapest, la que puede consultarse en: Budapest Open Access Initiative's definition of Open Access.

ABSTRACT

Background: Cattle ecosystems require serious transformations in management systems, which rely on agroecological principles, where agroforestry can play an important role. **Aim.** Characterize foliage, dry leaf, and edaphic fauna associated to three forest species in hedges of cattle ecosystems, on serpentine soil, in Camagüey, Cuba.

Methods: A two-year study of *Gliricidia sepium* (Jacq) Kunth ex Walp, *Bursera simaruba* (L) Sargent, and *Moringa oleifera* Lam was done at Cooperative Habana Farm, Minas livestock company, Camagüey. These species were established in adjacent hedges, planted at a distance of 1.0 m. Foliage yield, dry leaf deposition, and the edaphic macrofauna associated to each tree species, were evaluated. The descriptive statigraphs (Mean and SE) were determined, and simple ANOVA was performed in each variant. The means were compared through the HSD Tukey's multiple range test, with a significance of $p < 0.05$.

Results: The results indicate the beneficial use of these species as hedges, considering high production of foliage (between 1.02 and 2.54 kg DM/cut/a), as well as their positive environmental effects by contributing with considerable amounts of dry leaves to the soil, and host large amounts of edaphic fauna.

Conclusions: The species evaluated produce high forage and dry leaf levels in the soil, as well as abundant associated edaphic fauna.

Key words: livestock, soil fauna, agroforestry systems (Source: Agrovoc)

INTRODUCCIÓN

En muchas zonas de los trópicos, la producción ganadera se ve seriamente limitada por la escasez y la mala calidad de forraje. El bajo contenido de proteína cruda es la limitación más común de la producción ganadera de los pastos nativos y algunos sistemas se han desarrollado para complementar o mejorar la ingesta de proteína cruda de los animales que pastorean en pastos nativos mediante el acceso, ya sea por temporadas o todo el año, para ello se establecen áreas sembradas de especies arbóreas tropicales de valor forrajero (Lok, 2016).

Camagüey, es una provincia altamente ganadera, de cuya producción una buena parte se sustenta sobre suelos Fersialíticos que ocupan en la provincia más del 7 % del territorio provincial, lo que impone serias limitaciones a la actividad ganadera sobre todo por los bajos niveles de N, P y K y los altos niveles de Mg y por consiguiente bajos niveles de calidad del pasto (Loyola, 2012).

La introducción de tecnologías silvopastoriles en los sistemas ganaderos tropicales, al tiempo que mejora la calidad nutricional de la dieta, contribuye a disminuir la emisión de metano de los bovinos. También ayuda a recuperar áreas degradadas, al permitir en ellas el mejoramiento de la fertilidad del suelo a través del aporte de nitrógeno atmosférico y el reciclaje de nutrientes, mejora la captura de carbono, la protección de la biodiversidad y de las fuentes de agua (Loyola *et al.*, 2015; Montagnini, 2015; Murgueitio *et al.*, 2015; Schindler *et al.*, 2016 y Martínez-Pastur *et al.*, 2017).

En Cuba, como en otras áreas de América, la reincorporación de árboles y arbustos en áreas de pastizales (sistemas silvopastoriles) es una alternativa de gran interés para recuperar la fertilidad de los suelos (Bacab *et al.*, 2013; Jacobo *et al.*, 2016; Kieck *et al.*, 2016; Jiménez *et al.*, 2019).

Particular importancia se les concede actualmente a las cercas vivas, ya que proporcionan una gran variedad de productos; entre estos sobresalen la producción de postes para nuevos cercados, forraje para los animales, leña, frutas y mieles para la apicultura, lo que las convierte en un indicador de sostenibilidad en los sistemas (De La Ossa-Lacayo, 2013; Muchanea *et al.*, 2020).

La producción de hojarasca y su descomposición son esenciales para la transferencia de energía y nutrientes hacia el suelo, lo que constituye un flujo que suple una importante fracción de nutrientes rápidamente mineralizables en bosques deciduos (Doll *et al.*, 2018).

Velasquez y Lavelle (2019) y Hernández-Chávez *et al.* (2020) resaltan las ventajas de la utilización de las comunidades de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del suelo, por su simplicidad y bajo costo, así como por su alta sensibilidad a las condiciones del suelo.

Gliricidia sepium (Jacq) Kunth ex Walp, *Bursera simaruba* (L) Sargent y *Moringa oleifera* Lam son especies ampliamente cultivadas en Cuba, su empleo como cerca viva ocupa un lugar destacado, ya que implica bajos costos de establecimiento y altos ingresos en relación con otros tipos de cerca (Loyola *et al.*, 2014), además de posibilitar la adquisición de leña, postes vivos y forraje (Loyola, 2012) así como los beneficios ambientales que brindan.

Objetivo General:

Caracterizar el rendimiento de follaje, hojarasca y la fauna edáfica asociada a tres especies forestales en cercas vivas en ecosistemas ganaderos sobre serpentina de Camagüey.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló durante dos años (desde septiembre de 2018 hasta septiembre de 2020), en áreas de la UBPC Finca Habana perteneciente a la Empresa Pecuaria Minas, municipio del mismo nombre en la provincia de Camagüey, Cuba. Situada a los 21°28'50" - 21°29'15" de latitud norte y los 77°39'50" - 77°40'20" de longitud Oeste a una altitud de 85 msnm, en el mismo se utilizaron árboles de Piñón (*Gliricidia sepium* (Jacq) Kunth ex Walp), Almácigo (*Bursera simaruba* (L) Sargent) y Moringa (*Moringa oleifera* Lam) ya establecidos en cercas colindantes plantados a una distancia de 1,0 m y una edad de seis años.

El trabajo experimental se llevó a cabo en un suelo Fersialítico Rojo Pardusco Ferromagnesial, de acuerdo con las hojas cartográficas del sitio y corroborado con Hernández *et al.* (2015), los pastos predominantes son *Dichanthium annulatum* (Forsk.) Stapf. (Pitilla) y *Dichanthium caricosum* (L.) A. Camus (Jiribilla).

El clima de la zona es tropical con una alta evaporación, la temperatura del aire es elevada, con valores medios de 25,2 °C, Humedad relativa del 79 % y las precipitaciones promedio anuales de 1 400 mm (CITMA, 2018).

Rendimiento de follaje

Siguiendo un diseño totalmente aleatorizado se tomó muestra del follaje a 20 árboles de cada especie, a los 90 días de rebrote después de un corte de establecimiento que comprendió la eliminación de todo el follaje del árbol.

El rendimiento de Materia Seca se determinó a partir de los porcentos de MS obtenidos por Loyola *et al.* (2013) en condiciones similares de suelo y clima, quienes determinaron que *B. simaruba*, *G. sepium* y *M. oleifera* poseen un 32; 36,2 y 41 % MS, respectivamente.

Deposición de hojarasca

En cada una de las cercas estudiadas se realizaron 20 parcelas por especie de 0,50 x 0,50 m las cuales se ubicaron aleatoriamente debajo de los árboles, se limpiaron de malezas y todo tipo de material orgánico y cada 15 días a partir de septiembre de 2018 hasta septiembre de 2020 se recolectó y pesó todo el material depositado a partir de la defoliación natural de los árboles (Fuentes *et al.*, 2018).

Macrofauna edáfica

A partir de la valoración del posible impacto positivo de las diferentes especies de árboles en relación con la fauna del suelo, se realizaron de forma aleatoria en áreas debajo de los árboles que conforman las cercas vivas en estudio y en áreas de pastos sin árboles, 20 parcelas de muestreo de 0,5 x 0,5 m para cada variante, respectivamente, en cada parcela se limpió la vegetación y se excavó hasta 10 cm de profundidad, allí se contaron todos los individuos de las diferentes especies de fauna existentes (Barreto-García *et al.*, 2018). Los muestreos de la macrofauna se realizaron entre las 7:00 y 9:00 a.m.

En el caso de las parcelas debajo de los árboles, estas se realizaron a una distancia que osciló entre 0,5 y 1,5 m de estos.

Análisis estadísticos

Se determinaron los estadísticos descriptivos (Media y ES) y se realizó un ANOVA simple para cada una de las variables estudiadas. Las medias se compararon a través de la prueba de rangos múltiples de Tukey HSD, para un nivel de significación de $p < 0,05$. Previo a estos análisis se comprobó la distribución normal de los datos y la homogeneidad de la varianza. La primera a través del sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada y la segunda a través de la Prueba-F para comparar las Desviaciones Estándar y las varianzas de las muestras. Los análisis se desarrollaron con el paquete estadístico StatGraphics Centurion XV Versión 15.2.06 (2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de follaje

La Tabla 1 refleja los resultados productivos de *G. sepium*, *B. simaruba* y *M. oleifera* en cuanto a la cantidad de material verde producido y materia seca.

Tabla 1. Producción de follaje por árbol en cada corte

Especie	kg MV/a/corte	kg MS/a/corte
<i>B. simaruba</i>	3,21 ^a	1,02 ^a
<i>G. sepium</i>	3,75 ^b	1,35 ^b
<i>M. oleifera</i>	6,19 ^c	2,54 ^c
±ES	0,1423	0,0699

a, b, c: Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas entre las medias según HSD Tukey ($p < 0,05$).

Como se puede apreciar al aplicar cortes a los 90 días existe una producción de follaje verde que oscila entre 3,21 y 6,19 kg/a/corte y la MS obtenida por árbol fue 1,02; 1,35 y 2,54 kg MS/a/corte para *B. simaruba*, *G. sepium* y *M. oleifera*, respectivamente, con diferencias significativas ($p < 0,05$) entre cada una de las especies estudiadas.

Los mayores niveles de producción lo muestran *M. oleifera*, seguido de *G. sepium* y finalmente *B. simaruba*. Esto está relacionado con la alta capacidad de rebrote de la primera, independientemente del tamaño de sus folíolos por lo que acumula en los 90 días una mayor cantidad de follaje.

Estos resultados a nivel de finca como bancos de proteína pudieran significar valores en el orden de las 10,2; 13,5 y 25,4 t MS/ha/corte para *B. simaruba*, *G. sepium* y *M. oleifera*, respectivamente, si se consideran marcos de plantación de 1 x 1m. Estos valores anualmente se cuadruplicarían, por lo que es posible obtener cifras aproximadas de 40 t MS/ha/año en el caso de *B. simaruba*, 54 t MS/ha/año en *G. sepium* y hasta 100 t MS/ha/año para *M. oleifera* si se considera la variante de bancos de proteína y en cercas vivas anualmente pudieran esperarse producciones entre 4 y 10 t MS/km/año también si se tiene en cuenta cuatro cortes. Estos resultados muestran la promisoriedad de *M. oleifera* como cercas vivas en estos agroecosistemas.

Para el caso de *M. oleifera*, estos resultados son superiores a los obtenidos por Loyola *et al.* (2013) y Loyola *et al.* (2014) para condiciones edafoclimáticas del municipio Santa Cruz del Sur de la provincia de Camagüey con árboles de más de 15 años de edad plantados a partir de estacas. En el estudio antes señalado los autores obtuvieron 4,88 kg/a/corte de MV; 1,97 kg MS/a/corte y 1,31 t MS/km/corte, todos estos valores son para todas las variables casi un 25 % superior en este estudio, lo cual puede estar dado por la edad de las plantas estudiadas en este caso, que solo tienen un año de edad y quizás biológicamente tengan más vigor; por otra parte, estas plantas fueron sembradas a partir de posturas obtenidas por vía sexual (semillas) por lo que tienen un sistema radical más profundo y vigoroso que le permite extraer a mayor profundidad los nutrientes necesarios.

Estos resultados están próximos a los obtenidos por Gómez (1994) para *G. sepium*, quién informó producciones de forraje verde anuales entre 55,5 y 80,6 t ha⁻¹ y para un corte entre 12,5 y 20 t MS ha⁻¹. Los resultados alcanzados en este escenario son superiores a los logrados por Pedraza y Gálvez (2000) en *G. sepium* para Camagüey, donde estos autores indicaron la posibilidad de que

un árbol de *G. sepium* produzca en cuatro cortes cada 90 días aproximadamente 2,5 kg MV/árbol/ corte y 10 kg/ año de MV.

En esta especie se han alcanzado producciones de biomasa comestible que pueden aportar 4,4 kg de MS/árbol, a los 120 días del rebrote, después de efectuada una poda estratégica, y con una digestibilidad de la materia seca del 58 al 69 % (Pedraza *et al.*, 2003). Esta disponibilidad alcanzaría casi para alimentar a tres animales/árbol/día como forraje cortado y ofertado en naves o potrero. El empleo del follaje de estas cercas vivas puede traer aparejados efectos beneficiosos al ecosistema y a la economía de la finca.

Pedraza (2005) destaca que 1 km de cercas vivas de *G. sepium* con una distancia entre árboles de 1,5 m, puede aportar nutrientes, de forma rentable, durante todo el año para que 20 vacas, con 240 días de lactancia, que consuman un pasto de regular calidad y suplementadas con minerales, produjeran alrededor de 1 kg /día más de leche, siempre que la disponibilidad de pastos y agua no fueran limitantes.

Estudios desarrollados por Cordoví *et al.* (2013) en Mozambique comprobaron que *G. sepium* y *M. oleifera* alcanzaron 9,56 y 8,68 t de MS/ha⁻¹, respectivamente. De acuerdo con Vennila *et al.* (2016) *G. sepium* en cortes a los dos, cuatro y seis meses mostro rendimientos de 17,5 t ha⁻¹año⁻¹; 16,26 t ha⁻¹año⁻¹y 15,02 t ha⁻¹año⁻¹, respectivamente. Argüello-Rangel *et al.* (2019) comprobaron que *G. sepium* puede aportar en el periodo poco lluvioso 8,57 t ha⁻¹ año⁻¹ MS.

Deposición de hojarasca

La Tabla 2 muestra la cantidad de hojarasca depositada por los árboles evaluados, en este caso existe diferencias estadísticamente significativas en la deposición de hojarasca por cada especie en las cercas vivas.

Tabla 2. Deposición de hojarasca

Especie	g/m ²	kg ha ⁻¹
<i>G. sepium</i>	35,31 ^c	353,16 ^c
<i>B. simaruba</i>	33,03 ^b	330,40 ^b
<i>M. oleifera</i>	27,66 ^a	276,66 ^a
± ES	0,3838	3,8387

a, b, c: Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas entre las medias según HSD Tukey (p < 0,05).

En este caso la mayor deposición la realiza *G. sepium* seguida por *B. simaruba*, esto está en concordancia con el tipo de hojas de estas especies, que además de ser compuestas, los folíolos son de limbo mucho mayor que los de *M. oleifera*, por otra parte *G. sepium* cada hoja posee de 7-17 folíolos y para el caso de *B. simaruba* cada hoja posee de 5-7 folíolos (Loyola *et al.*, 2019).

En este estudio la deposición de hojarasca va desde 276,5 hasta 353 kg ha⁻¹ que equivale aproximadamente en el año a 3,31; 3,96 y 4,23 t ha⁻¹ para *M. oleifera*, *B. simaruba* y *G. sepium*, respectivamente.

Estos resultados superan los obtenidos por Triana *et al.* (2013) y Triana *et al.* (2014) quienes encontraron deposiciones mensuales de hojarasca también en cercas vivas sobre suelos fersialíticos de $332,0 \pm 0,05 \text{ kg ha}^{-1}$. De igual forma son superiores a los obtenidos por Fuentes *et al.* (2018) quienes obtuvieron niveles anuales de $0,47 \text{ t ha}^{-1}$ para el periodo poco lluvioso y $0,10 \text{ t ha}^{-1}$ año para el periodo lluvioso en bosques naturales.

Estos resultados son inferiores a los obtenidos por Hernández y Simón (1995) al determinar la deposición de hojarasca de *Albizia lebbbeck* (L.) Benth. en el suelo, quienes obtuvieron valores de 10 y $13,6 \text{ t ha}^{-1}$ en el PLL y PPLL, respectivamente. En este caso particular se trata de una especie de mayor diámetro y altura de copa por lo que en consecuencia su producción de follaje y hojarasca es mayor. Hernández y Hernández (2005) encontraron que con *G. sepium* es posible obtener $2,6 \text{ t MSha}^{-1}$ /año de hojarasca y $51 \text{ kg de Nha}^{-1}$ /año.

La hojarasca, por su acción de esponja, mantiene las condiciones de humedad que permiten la acción de los microorganismos de manera regulada. Así se produce un equilibrio entre el dosel, la hojarasca, los descomponedores y los nutrientes, y quizás este es el equilibrio básico para que los ecosistemas de bosques tropicales permanezcan en el tiempo (Hernández y Hernández, 2005).

En el proceso de defoliación, la hojarasca de los árboles cae gradualmente sobre el suelo, funciona en un inicio como cobertura y más tarde incorpora nutrientes a este a través de la descomposición de las hojas, lo que aumenta la calidad de los pastos (Moreno *et al.*, 2018).

La producción y descomposición de la hojarasca son procesos claves para la conservación y/o recuperación de las formaciones vegetales, debido a que promueven procesos de circulación de los nutrientes y mantenimiento de las comunidades, por lo que resulta necesario conocerlos aportes de materia orgánica que realizan las especies vegetales para garantizar el retorno de los nutrientes (Gaspar *et al.*, 2015).

El dosel por medio de la hojarasca no solo suministra MO, sino también regula la temperatura del suelo, por lo que la descomposición de la MO y el suministro de nutrientes ocurre de forma continua y paulatina, que contrarresta a su vez factores como la erosión del suelo, degradación de la tierra y desertificación, que hacen que la salud del suelo dé como resultado una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios (FAO, 2017).

De acuerdo con Hernández y Hernández (2005) la contribución de los árboles al reciclaje de los nutrientes también está relacionada con el hecho de que estos, según la especie y las condiciones edáficas, son capaces de llegar a los horizontes más profundos del suelo, absorber los nutrientes y retornarlos a la superficie con la caída natural del follaje, las ramas y los frutos, o mediante la poda; reciclándose por esta vía nutrientes como Ca, K, Mg y S.

Macrofauna edáfica

La Tabla 3 refleja el comportamiento de la fauna edáfica en el sistema en estudio. Los sistemas con árboles (silvopastoril) mostraron mayor abundancia de la macrofauna, lo que coincide con lo

informado por Cabrera-Dávila *et al.* (2017) y debe estar dado por la mayor cobertura del suelo, que ofrece condiciones óptimas de temperatura y humedad para el desarrollo de la fauna edáfica.

Tabla 3. Comportamiento de la fauna edáfica en el sistema en estudio (individuos /m²)

Especie fauna	Almácigo	Piñón	Moringa	Sin árboles	± ES
Milpiés (diplópodos)	16,95 ^b	21,95 ^c	21,95 ^c	16,0 ^a	0,3293
Anélidos	178,0 ^b	197,8 ^c	198,8 ^c	86,95 ^a	5,1881
Coleópteros (larvas)	207,0 ^c	226,65 ^d	98,0 ^b	46,0 ^a	8,4429
Ciempíes (quilópodos)	38,0 ^c	41,85 ^d	22,0 ^b	9,0 ^a	1,4810
Total (individuos /m ²)	440,0 ^c	488,7 ^d	340,75 ^b	157,95 ^a	14,2508

a, b, c, d: Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas entre las medias según HSD Tukey ($p < 0,05$).

Los coleópteros y los anélidos fueron los principales grupos hallados en el ecosistema estudiado, similar a lo observado por Rodríguez *et al.* (2003) y Rodríguez *et al.* (2008) en diferentes sistemas de pastizales en monocultivos y asociaciones.

Es importante destacar la cantidad de coleópteros en los sistemas con árboles, los cuales mostraron diferencias significativas en todos los casos estudiados, es superior su presencia en asocio con *G. sepium* seguido de *B. simaruba*. Comportamiento muy similar en relación con las especies arbóreas lo mostraron los quilópodos (Ciempíes) aunque no así respecto a su número que fue muy inferior.

Para el caso de los anélidos y los diplópodos (Milpiés) el comportamiento fue ligeramente diferente pues su mayor número están asociados a *M. oleifera*, para estas dos especies de la macrofauna existió diferencias significativas entre las diferentes especies arbóreas no así entre *G. sepium* y *M. oleifera*. En todos los casos se encontraron en número superior de individuos de la fauna edáfica en los sistemas con árboles.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, el promedio de individuos/m² observados en el periodo de estudio también mostró diferencias estadísticamente significativas entre cada una de las variantes estudiadas, comportándose con menor número de individuos/m² el sistema que no tiene árboles y los mayores números (440,0 y 488,7) para los sistemas con *B. simaruba* y *G. sepium*, respectivamente, lo cual coincide con que estas dos especies son de hojas anchas, aspecto este que permite una mayor cobertura del suelo y por tanto mayor sombra y humedad del mismo.

Todo lo antes planteado evidencia lo beneficioso de la inclusión de estas especies como cercas vivas, pues aportan importantes volúmenes de hojarasca y es un regulador de la temperatura del suelo por el sombreado que provoca, lo que favorece el buen desarrollo de la fauna edáfica y con esta, la mejora del suelo ya que estos organismos ayudan a la descomposición de la materia orgánica, de la propia hojarasca así como lo que pueden aportar en materia de estiércol y coprolitos (Crespo, 2008).

Esto igualmente está en concordancia con estudios recientes desarrollados por Wu y Wang (2019), quienes comprobaron la hipótesis de que la macrofauna depende de las condiciones específicas de micro hábitats del suelo creadas por la vegetación.

Resultados obtenidos por Escobar *et al.* (2020) muestran abundancia de la macrofauna del suelo bajo sistemas de silvopastoreo, lo que indica la salud del suelo en el sistema, siempre con mayor número de individuos en las áreas bajo los árboles. Estos mismos autores encontraron que los escarabajos (*Scarabaeidae*) estuvieron presentes en mayor número en el suelo bajo los árboles, mientras que la lombriz de tierra (*Lumbricidae*), fue la especie con mayor número de individuos en todos los ecosistemas.

Camero y Rodríguez (2015), encontraron mayor abundancia de lombrices en sistemas silvopastoriles que en monocultivos de gramíneas, por el contrario, Murillo *et al.* (2019), no encontraron diferencias entre sistemas silvopastoriles y vegetación nativa. Leyva *et al.* (2018) también indican mayores valores de riqueza de órdenes y abundancia en sistemas silvopastoriles.

De acuerdo con Rodríguez *et al.* (2008) algunos de estos organismos, en especial los coprófagos como los coleópteros son agentes fundamentales en la limpieza de las praderas, pueden incorporar las heces fecales de vacunos y otros animales del sistema al suelo en un lapso de 24 horas. Esta acción enterradora que ejercen los coleópteros disminuye sustancialmente la contaminación que provoca la acumulación del excremento en el pastizal y conduce, por lo tanto, a un mejor aprovechamiento de la cantidad de pasto disponible, lo que evita que el pasto sea rechazado por el ganado, y favorece además la retención de agua en el suelo y la remoción de los horizontes del suelo (Cárdenas-Castro y Páez-Martínez, 2017).

El incremento de la fauna edáfica y del número de coprolitos en el suelo debe mejorar si se tiene en cuenta el incremento de la vegetación y del aporte de hojarasca, lo cual es muy favorable para el bienestar de estos agroecosistemas ganaderos. Rodríguez *et al.* (2003) reportan aumentos apreciables en los componentes bióticos del suelo cuando se incrementa el arbolado en áreas de pastoreo, debido a los efectos beneficiosos de los árboles en el microclima del suelo y a la deposición de hojarasca.

En sentido general se puede asegurar que dentro de las técnicas agroforestales el empleo de estas especies como cerca viva ocupa un lugar destacado, ya que implica bajos costos de establecimiento y altos ingresos en relación con otros tipos de cerca.

Donde existen las cercas vivas se observó mayor riqueza en la fauna del suelo, debido a que los árboles presentes hacen mayor aporte de hojarasca y mejoran las propiedades físicas de los suelos, al aumentarla cantidad de microporos encargados del drenaje y la aireación del suelo (Hernández *et al.*, 2020). En estos sistemas la MO del suelo se mantiene en niveles satisfactorios para su fertilidad; el reciclaje de las bases en los residuos de los árboles puede reducir o frenar el proceso de acidificación, además de controlar la erosión y las pérdidas de MO (Benavides *et al.*, 2005).

CONCLUSIONES

Las especies evaluadas producen altos niveles de forraje y hojarasca al suelo, con los mayores aportes *M. oleifera* y *G. sepium*, respectivamente.

La variabilidad de especies y número de individuos de la edafofauna es abundante en el ecosistema en estudio, superior en los sistemas de cercas vivas respecto a las áreas sin árboles.

REFERENCIAS

- Argüello-Rangel, J., Mahecha-Ledesma, L., & Angulo-Arizala, J. (2019). Arbustivas forrajeras: importancia en las ganaderías de trópico bajo Colombiano. *Agronomía Mesoamericana*, 30(3), 899-915. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43760145019>
- Bacab, H. M., Madera, N. B., Solorio, F. J., Vera, F., & Marrufo, D. F. (2013). Los sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala*: una opción para la ganadería tropical. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 17(3), 67-81. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83728497006>
- Barreto-García, O. A., Guevara Gutiérrez, R. D., Olguín López, J. L., Mancilla Villa, O. R., Medina Valdovinos, E. K., & Murillo Hernández, J. E. (2018). Macroinvertebrados de hojarasca y suelo en selva baja caducifolia y zonas perturbadas. *Idesia (Arica)*, 36(1), 105-113. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018000100105>
- Benavides, O. F., Rivera, J. C., Apraez, E., Gálvez, A., Moncayo, O. A., & Ojeda, H. (2005). Relación entre indicadores del suelo, el pasto y la suplementación en la producción y calidad de la leche de vacas Holstein. In *Artículo presentado en I Congreso Internacional de Producción Animal. III Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes, Palacio de las Convenciones, La Habana, Cuba*.
- Cabrera-Dávila, G. D. L. C., Socarrás-Rivero, A. A., Hernández-Vigo, G., Ponce de León-Lima, D., Menéndez-Rivero, Y. I., & Sánchez-Rendón, J. A. (2017). Evaluación de la macrofauna como indicador del estado de salud en siete sistemas de uso de la tierra, en Cuba. *Pastos y Forrajes*, 40(2), 118-126. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942017000200005
- Camero-Rey, A., & Rodríguez-Díaz, H. (2015). Características químicas del suelo, producción forrajera y densidad poblacional de lombrices en un sistema silvopastoril en la zona Huetar Norte de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 28(1), 91-104. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S037939822015000100091&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Cárdenas-Castro, E., & Páez-Martínez, A. (2017). Comportamiento reproductivo de coleópteros coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en condiciones de laboratorio. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(1), 74-83. <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.173401.64>
- CITMA (2018). Valores Medios Provinciales. *Boletín agrometeorológico nacional*, 37 (21), 12. <http://www.insmet.cu/agroboletin/pdf/3721-2018.pdf>
- Cordoví, E., Ray, J. V., Tamele, O., Nhantumbo, S., & Chimbambala, A. (2013). Caracterización de especies arbóreas y arbustivas forrajeras en clima semiárido del sur de

- Mozambique. *Pastos y Forrajes*, 36(4), 434-439. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S086403942013000400004&lng=es&tlng=es.
- Crespo, G. (2008). Importancia de los sistemas silvopastoriles para mantener y restaurar la fertilidad del suelo en las regiones tropicales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 42(4), 329-335. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193015490001>
- de la Ossa Lacayo, A. (2013). Cercas vivas y su importancia ambiental en la conservación de avifauna nativa. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 5(1), 171-193. <https://doi.org/10.24188/recia.v5.n1.2013.483>
- Doll, U., Araya, P., Soto-Cerda, L., Aedo, D., & Vizcarra, G. (2018). Producción y composición de la hojarasca en un renoval pre andino de *Nothofagus glauca* de la región del Maule. *Bosque (Valdivia)*, 39(1), 151-156. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002018000100151>
- Escobar, M. I., Navas, A., Medina, C. A.; Corrales, J. D., Tenjo, A. I., & Borrás, L. M. (2020). Efecto de prácticas agroecológicas sobre características del suelo en un sistema de lechería especializada del trópico alto colombiano. *Livestock Research for Rural Development*, 32(4). <http://www.lrrd.org/lrrd32/4/maria.es32058.html>
- FAO. (2017). Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible. <http://www.fao.org/3/a-i5754s.pdf>
- Fuentes Molina, N., Rodríguez Barrios, J., & Isenia Leon, S. (2018). Caída y descomposición de hojarasca en los bosques ribereños del manantial de Cañaverale, Guajira, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 23(1), 115-123. <https://doi.org/10.15446/abc.v23n1.62342>
- Gaspar-Santos, E. S., González-Espinosa, M., Ramírez-Marcial, N., & Álvarez-Solís, J. D. (2015). Acumulación y descomposición de hojarasca en bosques secundarios del sur de la Sierra Madre de Chiapas, México. *Bosque (Valdivia)*, 36(3), 467-480. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002015000300013>
- Gómez, M. (1994). Dinámica de los nutrientes en un banco de *Gliricidia sepium*. *Taller Internacional Sistemas Silvopastoriles en la Producción Ganadera, EEPF Indio Hatuey, Matanzas, Cuba*.
- Hernández, I., & Simón, L. (1995). Razones para emplear plantas perennes leñosas en la ganadería vacuna. In *Taller Internacional Sistemas Silvopastoriles en la Producción Ganadera* 13-15 Dic 1994 Matanzas (Cuba) (No. 631.58 H557). Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Matanzas (Cuba). <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=orton.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=061251>
- Hernández, J. A., Pérez, J. J. M., Bosch, I. D., & Castro, S. N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba 2015. *Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA*, 93. http://ediciones.inca.edu.cu/files/libros/clasificacionsueloscuba_%202015.pdf

- Hernández, M., & Hernández, I. (2005). Utilización de arbóreas como abono verde y manejo de la defoliación en sistemas de corte y acarreo. *El silvopastoreo un nuevo concepto de pastizal*. Editorial Universitaria. Guatemala, 109-130.
- Hernández-Chávez, M. B., Ramírez-Suárez, W. M., Zurita-Rodríguez, A. A., & Boulandier, M. N. (2020). Biodiversidad y abundancia de la macrofauna edáfica en dos sistemas ganaderos en Sancti Spíritus, Cuba. *Pastos y Forrajes*, 43(1), 18-25. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S086403942020000100018&lng=es&tlng=en.
- Jacobo, E., Rodríguez, A., González, J., & Golluscio, R. (2016). Efectos de la intensificación ganadera sobre la eficiencia en el uso de la energía fósil y la conservación del pastizal en la cuenca baja del río Salado, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Agriscientia*, 33(1), 1-14. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v33.n1.16567>
- Jiménez Ruíz, E. R., Fonseca González, W., & Pazmiño Pesantez, L. (2019). Sistemas silvopastoriles y cambio climático: estimación y predicción de biomasa arbórea. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 29(1), 45-55. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476058342004>
- Kieck, J. S., Zug, K. L., Yupanqui, H. H., Aliaga, R. G., & Cierjacks, A. (2016). Plant diversity effects on crop yield, pathogen incidence, and secondary metabolism on cacao farms in Peruvian Amazonia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 222, 223-234. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2016.02.006>
- Leyva R, S. L., Baldoquín P, A., & Reyes O, M. (2018). Propiedades de los suelos en diferentes usos agropecuarios, Las Tunas, Cuba. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(1), 36-47. <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.183501.81>
- Lok, S. (2016). Soils dedicated to cattle rearing in Cuba: characteristics, management, opportunities and challenges. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 50(2). <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193048877013>
- Loyola Hernández, O., Triana González, D., Tejas Sánchez, O., Malpica Mentor, L., & Lezcano Ortiz, C. M. (2019). Efecto de Samanea saman (Jacq.) Merr. sobre la agroproductividad del pasto en un sistema silvopastoril. *Revista de Producción Animal*, 31(2), 9-17. <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e2800>
- Loyola, O. (2012). Integración de leguminosas nativas, árboles frutales y multipropósitos en sistemas de producción vacuna en sabanas ultramáficas del norte de Camagüey. Disertación Doctoral publicada, Ciencias Veterinarias, ICA, Cuba. <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/2857>
- Loyola, O., Pérez, I., Triana, D., Valido, A., & Yeró, I. (2014). Evaluación agroproductiva de Moringa oleifera Lam en cercas vivas en condiciones edafoclimáticas. *Revista de Producción Animal*, 26(2). <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/1365>

- Loyola, O., Triana, D., Curbelo, L., & Guevara, R. (2013). Producción de follaje y composición bromatológica de cercas vivas sobre sabanas ultramáficas de Camagüey. In *V Conferencia Internacional Ciencia y Tecnología por un Desarrollo Sostenible, Camagüey, Cuba*.
- Loyola, O., Triana, D., Valido, A., Curbelo, L., & Guevara, R. (2015). Calidad de pastos naturales en áreas ganaderas sobre un núcleo ultramáfico. *Revista de Producción Animal*, 27(1), 1-5. <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/1296>
- Martínez Pastur, G., Peri, P. L., Huertas Herrera, A., Schindler, S., Díaz-Delgado, R., Lencinas, M. V., & Soler, R. (2017). Linking potential biodiversity and three ecosystem services in silvopastoral managed forest landscapes of Tierra del Fuego, Argentina. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 13(2), 1-11. <https://doi.org/10.1080/21513732.2016.1260056>
- Montagnini, F. (2015). Función de los sistemas agroforestales en la adaptación y mitigación del cambio climático. *Sistemas agroforestales funciones productivas, socioeconómicas y ambientales*. Editorial CIPAV, Cali, Colombia, 269-297. https://www.researchgate.net/publication/324416322_Sistemas_Agroforestales_Funciones_productivas_socioeconomicas_y_ambientales
- Moreno Valdez, M. E., Domínguez Gómez, T. G., Alvarado, M. D. S., Colín, J. G., Corral Rivas, S., & González Rodríguez, H. (2018). Aporte y descomposición de hojarasca en bosques templados de la región de El Salto, Durango. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 9(47), 70-93. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i47.180>
- Muchane, M. N., Sileshi, G. W., Gripenberg, S., Jonsson, M., Pumariño, L., & Barrios, E. (2020). Agroforestry boosts soil health in the humid and sub-humid tropics: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 295, 106899. <http://file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Muchane%20et%20al.%202020%20AGEE.pdf>
- Murgueitio, E., Flores, M. X., Calle, Z., Chará, J. D., Barahona, R., Molina, C. H., & Uribe, F. (2015). Productividad en sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina. *Sistemas Agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Serie Técnica Informe Técnico*, 402, 59-101. https://www.researchgate.net/publication/277014127_PRODUCTIVIDAD_EN_SISTEMAS_SILVOPASTORILES_INTENSIVOS_EN_AMERICA_LATINA
- Murillo-Cuevas, F. D., Adame-García, J., Cabrera-Mireles, H., & Fernández-Viveros, J. A. (2019). Fauna y microflora edáfica asociada a diferentes usos de suelo. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 6(16), 23-33. <https://doi.org/10.19136/era.a6n16.1792>
- Pedraza, R. (2005). Potencial de las cercas vivas de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. como fuente de forraje para la producción de leche. I Congreso Internacional de Producción Animal, III Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes, Palacio de las Convenciones, La Habana, Cuba.

<http://www.actaf.co.cu/revistas/Revista%20ACPA/2005/REVISTA%2004/09%20POTENCIAL%20DE%20CERCAS.pdf>

- Pedraza, R. M., & Gálvez, M. (2000). Nota sobre el rendimiento, porcentaje de hojas y grosor del tallo del follaje de postes vivos y *Gliricidia sepium* podadas cada 90 días. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 34, 81-84.
- Pedraza, R. M., La, O., Estévez, J., Guevara, G., & Martínez, S. (2003). Degradabilidad ruminal efectiva y digestibilidad intestinal in vitro del nitrógeno del follaje de leguminosas arbóreas tropicales. *Pastos y Forrajes*, 26(3). <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=826>
- Rodríguez, I., Crespo, G., Fraga, S., Rodríguez, C., & Prieto, D. (2003). Actividad de la mesofauna y la macrofauna en las bostas durante su proceso de descomposición. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37(3), 319-326. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193018048015>
- Rodríguez, I., Crespo, G., Torres, V., Calero, B., Morales, A., Otero, L., & Santillán, B. (2008). Evaluación integral del complejo suelo-planta en una unidad lechera, con silvopastoreo, en la provincia La Habana, Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 42(4), 403-410. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193015490012>
- Schindler, S., O'Neill, F. H., Biró, M., Damm, C., Gasso, V., Kanka, R., ... & Pusch, M. (2016). Multifunctional floodplain management and biodiversity effects: a knowledge synthesis for six European countries. *Biodiversity and conservation*, 25(7), 1349-1382. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10531-016-1129-3>
- Triana, D., Loyola, O., Castaños, Z., & Valido, A. (2014). Valoración agroecológica de *Ateleia cubensis* (DC) Dietr. var. *cubensis* (Griseb.) Mohlenber en sistemas ganaderos de sabanas ultramáficas. *Revista de Producción Animal*, 26(2). <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/1378>
- Triana, D., Loyola, O., Curbelo, L., & Guevara, R. (2013). Evaluación del aporte de hojarasca y la fauna edáfica asociada a *Gliricidia sepium* (Jacq) Kunth ex Walp como cercas vivas en sabanas ultramáficas. *Revista de Producción Animal*, 25(2). <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/2532>
- Velasquez, E., & Lavelle, P. (2019). Soil macrofauna as an indicator for evaluating soil based ecosystem services in agricultural landscapes. *Acta Oecologica*, 100, 103446. DOI: [10.1016/j.actao.2019.103446](https://doi.org/10.1016/j.actao.2019.103446)
- Vennila, C., Gunasekaran, S., & Sankaran, V. M. (2016). Effect of lopping interval on the growth and fodder yield of *Gliricidia sepium*. *Agricultural Science Digest-A Research Journal*, 36(3), 228-230. DOI: [10.18805/asd.v36i3.11448](https://doi.org/10.18805/asd.v36i3.11448)

Wu, P., & Wang, C. (2019). Differences in spatiotemporal dynamics between soil macrofauna and mesofauna communities in forest ecosystems: the significance for soil fauna diversity monitoring. *Geoderma*, 337, 266-272. DOI: [10.1016/j.geoderma.2018.09.031](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.09.031)

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Concepción y diseño de la investigación: OLH, DTG, CBC, EDH, EPL; análisis e interpretación de los datos: OLH, DTG; redacción del artículo: OLH, DTG, CBC, EDH, EPL.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflicto de intereses.