



Original

Microclima y fauna edáfica asociada a tres densidades de arborización en finca ganadera del municipio Jimaguayú. Camagüey

Microclimate and soil fauna associated with three tree densities in a livestock farm in the Jimaguayú municipality. Camagüey

Oscar Loyola Hernández *, Delmy Triana González *, Isael Pérez Cabrera **, Vivian Sánchez Jerez **

*Centro de Estudios de Producción Animal (CEDEPA), Universidad de Camagüey “Ignacio Agramonte Loynaz”, Ministerio de Educación Superior, Circunvalación Norte km 5½, Camagüey, Cuba.

** UCTB Estación Experimental Agroforestal Camagüey, Avenida Ignacio Agramonte No 178, Camagüey, Cuba.

Correspondencia: oscar.loyola@reduc.edu.cu

Recibido: Julio, 2024; Aceptado: Noviembre, 2024; Publicado: Enero, 2025.

RESUMEN

Antecedentes: Los ecosistemas ganaderos requieren serias transformaciones en los sistemas de manejo, basados en principios agroecológicos, donde la agroforestería puede jugar un importante papel. **Objetivo.** Determinar el efecto de tres densidades de arborización sobre variables climáticas y la fauna edáfica en finca ganadera del municipio Jimaguayú. Camagüey. **Métodos:** El estudio se desarrolló en áreas de La Finca La Victoria perteneciente a la CCS Evelio Rodríguez del municipio Jimaguayú, se estudiaron tres cuartones, con diferentes niveles de arborización y cerca viva. Se evaluó la temperatura del aire, la humedad y temperatura del suelo y la fauna edáfica para cada nivel de arborización. Se determinaron los estadísticos descriptivos Media y ES y se realizó un ANOVA simple para cada variable estudiada. 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 que existe un efecto positivo de la arborización sobre las variables climáticas estudiadas, la temperatura del aire osciló entre los 28 y 38 °C, siempre muy superiores en las áreas a Pleno sol (38 °C) a diferencia de los lugares sombríos (28°C) en la base de los árboles. Respecto al % de humedad del suelo también es notable la diferencia positiva debajo de los árboles respecto a las zonas soleadas. **Conclusiones:** Es positivo el efecto de la arborización sobre las variables climáticas, relacionado directamente con la proyección de sombra de cada uno de los individuos, así como con la deposición de hojarasca al suelo favoreciendo la macrofauna edáfica.

Como citar (APA) Loyola Hernández, O., Triana González, D., Pérez Cabrera, I., & Sánchez Jerez, V. (2024). Microclima y fauna edáfica asociada a tres densidades de arborización en finca ganadera del municipio Jimaguayú. Camagüey. *Revista De Producción Animal*, 36(3). <https://apm.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e160>



©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.

Palabras clave: bosque abierto, fauna del suelo, sombra, variables climáticas (*Fuente: AGROVOC*)

ABSTRACT

Background: Livestock ecosystems require serious transformations in management systems, based on agroecological principles, where agroforestry can play an important role. **Objective.** To determinate the effect of three tree densities on climatic variables and soil fauna in a livestock farm in the Jimaguayú municipality. Camagüey. **Methods:** The study was carried out in areas of La Finca La Victoria belonging to the Evelio Rodríguez CCS in the Jimaguayú municipality. Three plots were studied, with different levels of tree planting and live fence. Air temperature, soil humidity and temperature, and soil fauna were evaluated for each level of tree planting. Descriptive statistics Mean and ES were determined and a simple ANOVA was performed for each variable studied. The means were compared through the HSD Tukey multiple range test, for a significance level of $p < 0.05$. **Results:** The results indicate that there is a positive effect of arborization on the climatic variables studied, the air temperature ranged between 28 and 38 °C, always much higher in the areas with full sun (38 °C) as opposed to the shady places (28°C) at the base of the trees. Regarding the % of soil humidity, the positive difference is also notable under the trees compared to the sunny areas. **Conclusions:** The effect of arborization on the climatic variables is positive, directly related to the projection of shadow of each of the individuals, as well as to the deposition of leaf litter on the ground favoring the soil macrofauna. **Keywords:** open forest, soil fauna, shade, climatic variables (*Source: AGROVOC*)

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es una de las realidades ambientales más importantes que la humanidad enfrenta en este siglo, no solo por los efectos que tiene en las diferentes esferas humanas, sino porque representa un reto para el modelo de desarrollo que la humanidad ha asumido desde la etapa de industrialización (Lemaire *et al.*, 2019; Enríquez y Álvarez, 2020). En climas cálidos, la productividad del ganado vacuno de leche se reduce dados los altos valores de temperatura y humedad existentes durante casi todo el año; por ende, se afectan las ganancias económicas de las empresas lecheras.

El clima es uno de los factores determinantes en el crecimiento y desarrollo de animales destinados a la producción de alimentos, las condiciones climáticas inciden en la productividad y la economía de los sistemas de producción animal, incluyendo cambios en la productividad y calidad de los pastos y forrajes, en la disponibilidad de agua, en la modificación de la dinámica de las poblaciones de plagas y patógenos, y generando impactos directos en la salud, el bienestar, la conducta y la productividad de los animales (Hamel *et al.*, 2021).

El estrés calórico es uno de los impactos directos más importantes sobre los animales y se estima que lo será aún más en el futuro debido a la proyección de incremento global de la temperatura de la superficie terrestre y mayor frecuencia de olas de calor, y al continuo mejoramiento de la productividad animal asociada a genotipos superiores con mayor actividad metabólica y producción de calor corporal. Las condiciones de estrés calórico afectan la reproducción de los

animales, ganancia de peso, producción y calidad de leche, entre otros atributos (Collier *et al.*, 2019; Valdivia *et al.*, 2021).

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, así como su contribución a un favorable balance térmico (Loyola *et al.*, 2019; Muchanea *et al.*, 2020). Por otra parte, Velásquez y Lavelle (2019); Hernández *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, estas favorecidas con los sistemas silvopastoriles.

Objetivo: Determinar el efecto de tres densidades de arborización sobre variables climáticas y la fauna edáfica en finca ganadera del municipio Jimaguayú. Camagüey.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización general del área

El estudio se desarrolló durante un año (desde septiembre de 2021 hasta septiembre de 2022), en áreas de La Finca La Victoria perteneciente a la CCS Evelio Rodríguez Curbelo del municipio Jimaguayú, ubicada en la hoja cartográfica Las Mercedes, en áreas aledañas al poblado El Guayabo y ocupa un área total de 144,01 ha según límites aportados por la empresa territorial GeoCuba Camagüey – Ciego de Ávila. El trabajo experimental se realizó en un suelo Pardo sin Carbonatos, de acuerdo con las hojas cartográficas del sitio (4679-IV-b) escala 1:25 000 y corroborado con Hernández *et al.* (2015), caracterizado por tener un relieve predominante llano. Los pastos predominantes son *Dichanthium annulatum* (Forssk.) Stapf, *Panicum maximum* Jacq. y *Sporobolus indicus* (L.) R. Br.

Se evaluaron tres cuartones cada uno de aproximadamente una hectárea, el primero de ellos sin árboles y con cerca viva, un segundo con árboles aislados (12 % de área cubierta o proyección de copa) y cerca viva y un tercer potrero con un número mayor de árboles (20 % de área de proyección de copa) y cerca viva.

Variables analizadas y diseño experimental

Temperatura del aire, del suelo y humedad del suelo

Se llevaron a cabo un total de 90 observaciones para evaluar estas variables. Para evaluar la temperatura del aire, se realizaron 30 mediciones al azar en cada cuartón: 15 en la sombra y 15 a

pleno sol. Para determinar la humedad y temperatura del suelo se realizaron también 30 muestreos, en los mismos puntos que para la temperatura del aire, de los cuales se extrajo 1 kg de suelo en cada punto, se identificaron debidamente y se secaron al sol hasta peso constante, luego por diferencia de peso se determinó el porcentaje de humedad del suelo para cada condición. Las observaciones se realizaron a la 1:00 PM. Para la materialización de este resultado se siguió un diseño totalmente aleatorizado con tres tratamientos.

Macrofauna edáfica

Se evaluó el impacto positivo de diversas especies de árboles en la fauna del suelo, realizando muestreos aleatorios en las áreas de los agrosistemas estudiados, 21 parcelas de muestreo de 0,5 x 0,5 m distribuidas en las tres variantes, 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, 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. Se realizó un ANOVA simple para cada variable estudiada. Las medias se compararon a través de la prueba de rangos múltiples HSD Tukey, para un nivel de significación de $p < 0,05$. Los análisis se desarrollaron con el programa estadístico StatGraphics Centurion XV Versión 15.2.06 (2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperatura del aire, del suelo y humedad del suelo

Se apreció un efecto positivo de la arborización sobre las variables climáticas temperatura del aire, temperatura y humedad del suelo (Tabla 1), este resultado se relaciona directamente con la cantidad de árboles presentes, la proyección de sombra de cada uno para cada agroecosistema, que para el caso de las áreas con menor densidad de árboles se calculó una proyección de sombra de 1 253 m² (0,12 ha) y para las áreas de mayor densidad 2 064 m² (0,20 ha), en esto hay gran influencia la deposición de hojarasca al suelo que depende en buena medida de las especies arbóreas y la extensión de su copa.

Tabla 1. Temperatura del aire, del suelo y humedad del suelo bajo tres densidades de arborización.

Variables en estudio	sombra			sol			±ES
	sin árboles y cerca viva	12 % área de copa y cerca viva	20 % área de copa y cerca viva	sin árboles y cerca viva	12 % área de copa y cerca viva	20 % área de copa y cerca viva	
Temperatura suelo (°C)	27,96 ^c	26,07 ^{cd}	25,08 ^d	30,1 ^a	29,72 ^b	29,48 ^b	0,11
Temperatura ambiental (°C)	36,85 ^b	29,02 ^c	28,05 ^d	38,1 ^a	38,28 ^a	38,03 ^a	0,10
Humedad suelo (%)	88,00 ^c	91,0 ^b	92,00 ^a	83,0 ^f	84,0 ^e	85,99 ^d	0,10

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

La especie que más aporta al sombreado de los potreros en ambos casos fue el Algarrobo (*Samanea saman* (Jacq.) Merr.) con áreas de copa que oscilaron entre 226,98 y 490,87 m², en este mismo sentido son las que más aportan a la regulación térmica del área. Esto concuerda con los resultados mostrados por Poveda *et al.* (2021), quienes plantean que la cantidad de cubierta de copa y las características de las especies de árboles son las principales variables que afectan el potencial de evapotranspiración. Estos mismos autores, pero en ecosistemas de ciudad, refieren un estudio desarrollado en Viçosa-MG, Brasil en el que realizaron un inventario de 212 árboles y determinaron que los individuos con alturas de 8 a 12 metros y extensas copas establecen mejores servicios ambientales a la comunidad. Así, las ciudades que optan por mantener y establecer árboles medianos y grandes, en lugar de utilizar arbustos, generan mejores beneficios en términos de calidad de vida, los cuales reducen la temperatura y aumentan los niveles de sombra.

En esta investigación la temperatura del suelo osciló entre los 25 y 29 °C, en el caso de las áreas más sombrías (Base árbol) la temperatura del suelo se mantuvo entre 25 y 26 °C relacionado directamente con la arquitectura de las plantas presentes en el área pertenecientes a las especies *Samanea saman* (Jacq.) Merr. (algarrobo), *Cordia collococca* L. (ateje), *Mangifera indica* L. (mango) y *Guazuma ulmifolia* Lam. (guásima), no así para el caso del piñón (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth) que posee una arquitectura menos densa en cuanto a ramas y follaje relacionado directamente con su edad que no sobrepasa los cuatro años.

La temperatura del aire osciló entre los 28 y 38 °C, siempre muy superiores en las áreas a Pleno sol (38 °C) a diferencia de los lugares sombríos (28 °C) en la base de los árboles y alrededor de 34 °C en las áreas de transición sombra-sol. Respecto al por ciento de humedad del suelo también es notable la diferencia debajo de los árboles respecto a las zonas soleadas, lo cual corrobora una vez más el efecto positivo de la arborización sobre el suelo y por consiguiente sobre el microclima de este en beneficio de la fauna edáfica y con esta, la descomposición de la materia orgánica.

Los árboles dispersos en potreros tienen el propósito evidente de generar beneficios para la finca, como la protección del suelo de la erosión, la mejora de su fertilidad (hojarasca); y la creación de microclimas que ofrezcan bienestar a los animales (Alanís *et al.*, 2020), lo cual contribuye favorablemente en la disminución del estrés por calor en el ganado, y en consecuencia mayor consumo de pasto y más productividad (leche o ganancia de peso vivo). Por otra parte, los pastos que crecen bajo la sombra del arbolado tienen un mayor valor nutricional comparados con aquellos que crecen a cielo abierto (pleno sol), más aún si estos árboles son leguminosos como *S. saman*.

De acuerdo con Montes *et al.* (2021) el uso de árboles en sistemas de producción tropical reduce potencialmente el estrés calórico de los animales al generar microclimas en las áreas de pastoreo. Según estos propios autores, bajo la copa de los árboles disminuye temperatura entre 2 a 9 °C con relación a la encontrada en pastizales abiertos, resultados que corrobora este estudio cuyas reducciones de temperatura también estuvieron en el orden de los 9 °C.

De acuerdo con lo expresado por Poveda *et al.* (2021), se comprobó una disminución de 3 a 4 °C para la temperatura y aumento de 3 a 10 % para la humedad relativa entre zonas con y sin vegetación, respectivamente, además de la disminución de la temperatura, el aumento de la humedad relativa también contribuye a la mejora microclimática. Estos resultados se relacionan directamente con los criterios de Montes *et al.* (2021), quienes afirman que la sombra favorece notablemente la eficiencia de las vacas productoras de leche, las que toleran menos las altas temperaturas debido a la producción de una gran cantidad de calor metabólico en sus procesos digestivos, generado a la vez por el alto consumo de materia seca para mantener buenos niveles de producción.

Estos resultados corroboran una vez más la importancia de comprender la necesidad de diversificación de las áreas de pastos a través de su integración en sistemas silvopastoriles, considerando su contribución a la regulación de los procesos climáticos globales, además de conservar y mejorar la calidad de los suelos. Los sistemas silvopastoriles pueden tener además de la actividad pecuaria otros usos complementarios como la producción de madera y frutos; la contribución a un microclima más benigno, la oferta de hábitat para la fauna silvestre, la regulación hídrica en cuencas hidrográficas y una mayor belleza del paisaje (Yulibeisi *et al.*, 2022).

Las condiciones meteorológicas entre el entorno soleado y el sombreado (bajo la cubierta) mostraron una diferencia estadística significativa para la variable temperatura, la cual fue aproximadamente 5 °C más baja en la sombra. Los árboles liberan vapor de agua al aire desde sus hojas a través de un proceso llamado evapotranspiración. Este proceso no solo enfría el aire circundante, sino que también aumenta la humedad, lo que puede hacer que el ambiente se sienta más fresco. De acuerdo con Edwards *et al.* (2021), esta es una de las razones por las que los árboles proporcionan un enfriamiento más agradable.

Estudios realizados por Sierralta (2021) y Coral *et al.* (2022) demostraron la disminución de la temperatura del aire bajo la cubierta de los árboles individuales o grupos de árboles, donde se destaca la sombra como un factor importante para su variación, bajo esta condición hay una reducción en la conversión de la energía radiante en calor sensible y las temperaturas debajo de la sombra se vuelven más bajas (Argüello *et al.*, 2019), estos autores aseguran que las áreas donde existen las mayores proporciones de cobertura arbórea son las que tienen las mejores características de temperatura y humedad en todas las estaciones del año.

El enfriamiento se produce porque, además de que la vegetación aumenta la evapotranspiración y reduce el calentamiento sensible, cualquier cambio en los niveles de albedo entre la vegetación y la superficie que reemplaza provoca cambios en la radiación líquida, lo que disminuye la temperatura, debido a las funciones biológicas durante la fotosíntesis, en donde, las especies de plantas liberan humedad en el medio ambiente, lo que contribuye a un aumento de la humedad (Taleghani *et al.*, 2019).

Según Zhou *et al.* (2017), los árboles interceptan la radiación solar hasta en el 90 %, en consecuencia, la humedad relativa es mayor debido a la evapotranspiración. Estos propios autores demostraron que el aumento de la vegetación puede disminuir significativamente la temperatura, a través de la evapotranspiración y de la sombra proyectada.

En las zonas boscosas, este aumento de la humedad relativa se produce debido a la termorregulación generada por el dosel de los árboles en el proceso de evapotranspiración (Rodríguez *et al.*, 2019). Las estomas de las hojas de los árboles funcionan como bombas de agua autorreguladas, se abren cuando se dispone de agua y calor y se cierran cuando se producen situaciones adversas, esta apertura ayuda a refrescar el ambiente debido a la evapotranspiración y el cierre ayuda a preservar las condiciones agradables en el microclima (Collier *et al.*, 2019). Este conjunto de acciones produce alrededor del árbol una mayor humedad relativa (Martínez *et al.*, 2021).

También es importante señalar que según Poveda *et al.* (2021), el viento puede disminuir las diferencias de temperatura y humedad relativa entre las zonas soleadas y sombreadas, actuando como un moderador natural. Sin embargo, este efecto se verifica mejor cuando su velocidad es superior a 1,5 m/s. Cuando es baja, la mayor parte de la temperatura es el resultado del balance de la radiación solar en el sitio.

Macrofauna edáfica

El comportamiento de la fauna edáfica en este estudio se refleja en la Tabla 2. Los sistemas con árboles (silvopastoril) mostraron mayor abundancia de la macrofauna, lo que coincide con lo informado por Cabrera *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 esta.

Tabla 2. Comportamiento de la fauna edáfica en los sistemas en estudio (individuos /m²).

Especie fauna	sin árboles y cerca viva	12 % área de copa y cerca viva	20 % área de copa y cerca viva	± ES
Cochinillas	-	-	7,28	0,24
Anélidos	11,0 ^a	14,57 ^b	9,14 ^a	0,63
Coleópteros (larvas)	15,57 ^a	15,85 ^a	9,57 ^b	0,47
Coleópteros (adultos)	0,71 ^a	4,42 ^b	-	0,34
Ciempíes (quilópodos)	-	-	3,42	0,21

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

Según esta propia tabla, existen dos grupos de la macrofauna que predominan y son comunes para los tres agroecosistemas estudiados (Anélidos y Coleópteros), esto está relacionado con el alto nivel de adaptación de las especies de estos grupos, que además son predominantes en las áreas más soleadas. Todos de conjunto contribuyen a la descomposición de la materia orgánica depositada en el suelo y por consiguiente a la mejora de la fertilidad de estos suelos. Estos resultados son similares a lo observado por Rodríguez *et al.* (2008) en diferentes sistemas de pastizales en monocultivos y asociaciones.

Lo antes planteado es una evidencia más de los beneficios de la inclusión de árboles en los potreros como sistemas silvopastoriles, de acuerdo con los criterios de Crespo (2008) estas especies dentro de los potreros aportan importantes volúmenes de hojarasca y constituyen un regulador de la temperatura del suelo por el sombreado que provocan, 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.

Estos resultados están en concordancia con los estudios de Wu y Wang (2019), estos autores comprobaron la hipótesis de que la macrofauna depende de las condiciones específicas de micro hábitats del suelo creadas por la vegetación, es fundamental para procesos como la descomposición, la formación de humus, y la regulación del ciclo de nutrientes. Su dependencia de los microhábitats creados por la vegetación subraya la importancia de conservar estos ecosistemas para mantener su funcionalidad.

Resultados similares se obtuvieron por Escobar *et al.* (2020), quienes muestran abundancia de la macrofauna del suelo bajo sistemas de silvopastoreo, esto es un indicador de la salud del suelo en el sistema, siempre con un mayor número de individuos en las áreas debajo de los árboles. Estos propios autores encontraron que los escarabajos (*Scarabaeidae*) estuvieron presentes en mayor número, mientras que la lombriz de tierra (*Lumbricidae*), fue la especie más abundante en todos los ecosistemas, estos criterios coinciden con los resultados obtenidos en este estudio.

Lo anterior coincide con Camero y Rodríguez (2015), quienes detectaron una mayor abundancia de lombrices en sistemas silvopastoriles que en monocultivos de gramíneas, mientras que Murillo *et al.* (2019), no encontraron diferencias entre sistemas silvopastoriles y la vegetación nativa. Otros autores como Leyva *et al.* (2018) también apuntan hacia mayores valores de riqueza de especies de la macrofauna en sistemas silvopastoriles.

Rodríguez *et al.* (2008) aseguran que en especial los coprófagos como los coleópteros son agentes fundamentales en la limpieza de las praderas, estos 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 y Páez, 2017).

El incremento de la fauna del suelo y el número de coprolitos depositado en el suelo debe mejorar sustancialmente si se considera el incremento de la vegetación y el aporte de hojarasca, lo cual es favorable para estos agroecosistemas ganaderos. Otros autores como Loyola *et al.* (2021) 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.

Donde existen árboles aislados, cercas vivas o árboles en grupos 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 aumentar la cantidad de microporos encargados del drenaje y la aireación del suelo. 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 materia orgánica (Hernández *et al.*, 2020).

CONCLUSIÓN

Existe un efecto positivo de la arborización sobre las variables climáticas y abundancia de la macrofauna, relacionado directamente con la proyección de sombra de cada uno de los individuos y la mayor cobertura del suelo, dada sobre todo por la deposición de hojarasca, ambas condiciones contribuyen a moderar las variables climáticas, creando microclimas más favorables.

REFERENCIAS

Alanís, E., Mora O., & Marroquín, J. S. (2020). Muestreo ecológico de la vegetación. Editorial Universitaria de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México. 245 p.

https://www.researchgate.net/publication/343137042_Muestreo_Ecologico_de_la_vegetacion

- Argüello, J., Mahecha, L., & Angulo, 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>
- Barreto, O. A., Guevara, R. D., Olguín, J. L., Mancilla, O. R., Medina, E. K., & Murillo, 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>
- Cabrera, G. D. L. C., Socarrás, A. A., Hernández, G., Ponce de León, D., Menéndez, Y. I., & Sánchez, 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=S086403942017000200005
- Camero, A., & Rodríguez, 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&tling=es
- Cárdenas, E., & Páez, 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>
- Collier, R. J., Baumgard, L. H., Zimbelman, R. B., & Xiao, Y. (2019). Heat stress: physiology of acclimation and adaptation, *Animal Frontiers*, 9, 12-19. <https://doi.org/10.1093/af/vfy031>
- Coral, C. J. A., Navarro, C. H., Bartra, J., Arévalo, C., & Sierralta, N. (2022). Arbolado urbano y confort térmico en la banda de Shilcayo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(6), 8957-8977. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.4049
- 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>
- Edwards, L. N., Cramer, M. C., Cadaret, C. N., Bigler, E. J., Engle, T. E. Wagner, J. J., & Clark, D. L. (2021). Impacts of shade on cattle well-being in the beef supply chain. *Journal of Animal Science*, 99, 1-21. <http://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>

- Enríquez, A.V., & Álvarez, A. (2020). Caracterización del índice de temperatura y humedad y el estrés calórico en el ganado bovino de leche en dos lecherías en la provincia Mayabeque, Cuba. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 54(1). 11-18. <http://scielo.sld.cu>
- 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>
- Hamel, J., Zhang, Y., Wente, N., & Krömker, V. (2021). Heat stress and cow factors affect bacteria shedding pattern from naturally infected mammary gland quarters in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 104. 786-794. <http://doi.org/10.3168/jds.2020-19091>
- 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. B., Ramírez, W. M., Zurita, 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.
- Lemaire, G., Giroud, B., Bathily, B., Lecomte, P., & Corniaux, C. (2019). Toward integrated crop-livestock systems in West Africa: a project for dairy production along Senegal river. In: *Agroecosystem Diversity*. 1st Ed. Ed. Academic Press, Elsevier, London, England. p. 275-285. <https://doi.10.1016/B978-0-12811050-8.00017-0>
- Leyva, S. L., Baldoquín, A., & Reyes, 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>
- Loyola, O., Triana, D., Tejas, O., Malpica, L., & Lezcano, C. M. (2019). Efecto de Samanea saman (Jacq.) Merr. sobre la agroproduktividad del pasto en un sistema silvopastoril. *Rev. Prod. Anim.*, 31(2), 9-17. <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e2800>
- Loyola, O., Triana, D., Batista, C.M., Díaz, E., & Pérez, E. (2021). Follaje, hojarasca y fauna edáfica asociada a tres especies forestales en cercas vivas en ecosistemas ganaderos. *Rev. Prod. Anim.*, 33(1). <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e2800>
- Martínez, R., Palladino, A., Pla, M., Román, L., & La Manna, A. (2021). Access to shade during the dry period improves the performance of multiparous Holstein cows. *Animal Production Science*, 61(16), 1706-1714. <https://doi.org/10.1071/AN18797>

- Montes, A., Hincapié, K.L., Martínez, V.J., & Parra, G.A. (2021). Impacto de la ganadería sobre la calidad del suelo y pasturas en el Caquetá. Edición. Editorial Universidad de la Amazonia. 45 pp. Colombia. <http://www.uniamazonia.edu.co>
- Muchanea, M. N., Sileshi, G. W., Gripenberg, S., Jonsson, M., Pumariño, L., & Barrios, E. (2020). Agroforestry boosts soil health in the humid and subhumid tropics: A meta analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 295. <http://file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Muchane%20et%20al.%202020%20AGEE.pdf>
- Murillo, F. D., Adame, J., Cabrera, H., & Fernández, 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>
- Yulibeisi, D., Pino, M., Rangel, R., Quintana, L.M., & Gómez, A. (2022). Caracterización florística y condición actual del arbolado urbano, El Vigía, Mérida – Venezuela. *Recursos Rurais*, 18, 17-30. <https://doi.org/10.15304/rr.id8568>
- Poveda, Y.A.; Ferreira, L., & Martini, A. (2021). Influencia del tamaño de los árboles en la mejora del microclima urbano en Viçosa-MG, Brasil. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 18(43), 53-61. <https://doi.10.18845/rfmk.v19i43.5809>
- Rodríguez, F. R.; Lopes, N., & Lourenço, R. W. (2019). Análise Integral dos Impactos Urbanos em Áreas Verdes: uma Abordagem em Sorocaba, Brasil. *Espaco Geografico em Analise*, 46(2), 135-151. <http://doi.org/10.5380/raega.v46i2.61224>
- 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>
- Sierralta Escudero, N. (2021). Efecto del Arbolado urbano en el confort térmico del peatón en la Av. Evitamiento de la ciudad de Tarapoto–2020. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/4527>
- Taleghani, M. P., Crank, J., Mohegh, A., Sailor, D. J., & Ban-Weiss, G. A. (2019). The Impact of Heat Mitigation Strategies on the Energy Balance of a Neighborhood. *Los Angeles, Sol. Energy*, 177, 604–611. <https://doi.10.1016/j.solener.2018.11.041>
- Valdivia, J. C., Reyes, J. J., & Valdés, G.R. (2021). Efecto del índice de temperatura y humedad (ITH) en las respuestas fisiológicas de vacas lecheras en pastoreo. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 5(1), 21 <http://scielo.sld.cu>

- Velásquez, E., & Lavelle, P. (2019). Soil macrofauna as an indicator for evaluating soil based ecosystem services in agricultural landscapes. *Acta Oecologica*, 100, 103446. <https://doi.10.1016/j.actao.2019.103446>
- 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. <https://doi.10.1016/j.geoderma.2018.09.031>
- Zhou, W, Wang, J., & Cadenasso, M. L. (2017). Effects of the Spatial Configuration of Trees on Urban Heat Mitigation: A Comparative Study. *Remote Sens. Environ. J.*, 195, 1–12, <https://doi.10.1016/j.rse.2017.03.043>

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Concepción y diseño de la investigación: OLH, DTG, IPC, VSJ; análisis e interpretación de los datos: OLH, DTG; redacción del artículo: OLH, DTG, IPC, VSJ

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.