

Análisis de las poblaciones edáficas en suelos con sistemas silvopastoriles dedicados a la producción lechera, en la finca San Vicente, El Carmelo, Ecuador

Diego Caicedo-Rosero¹

Hernán Benavides-Rosales²

Luis Carvajal-Pérez³

Gabriela Revelo-Salgado⁴

Cómo citar este artículo / To reference this article / Para citar este artículo: Caicedo-Rosero, D., Benavides-Rosales, H., Carvajal-Pérez, L. y Revelo-Salgado, G. (2021). Análisis de las poblaciones edáficas en suelos con sistemas silvopastoriles dedicados a la producción lechera, en la finca San Vicente, El Carmelo, Ecuador. *Revista Criterios*, 28(2), 185-194. <https://doi.org/10.31948/rev.criterios/28.2-art12>

Fecha de recepción: 25/07/2020

Fecha de revisión: 15/08/2020

Fecha de aprobación: 05/07/2021

Resumen

La presencia de árboles en un ecosistema de pastoreo aumenta las poblaciones edáficas y, por ende, las relaciones simbióticas. En los ecosistemas altoandinos de la zona norte del Ecuador existen escasas investigaciones sobre esta temática. El objetivo de esta investigación es determinar el crecimiento poblacional de la fauna edáfica en los sistemas silvopastoriles, para este caso, el sistema silvopastoril tiene las siguientes combinaciones: aliso (*Alnus acuminata*) y mezcla forrajera, acacia (*Acacia melanoxylon*) y mezcla forrajera, y un testigo con mezcla forrajera. El conteo se realizó en dos épocas, julio y diciembre, en los años 2016, 2017 y 2018. Para el análisis estadístico se realizó un análisis de varianza y la prueba de Tukey, que permitieron mostrar probabilidades e identificar la mejor respuesta de crecimiento de especies en función del tratamiento silvopastoril. Los análisis estadísticos muestran la evolución del sistema en el primer año, en el cual no existen diferencias significativas, debido al trasplante y crecimiento de los árboles; a partir del segundo año ya existen cambios edáficos entre tratamientos por aumento de materia orgánica, lo que influye sobre las especies en el suelo. Los resultados estadísticos concluyen que el sistema silvopastoril con acacia tiene más población edáfica.

Palabras clave: acacia; altoandino; épocas; fauna edáfica; silvopastoril.



Artículo Resultado de Investigación.

¹Magíster en Manejo Comunitario de Recursos Naturales, Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Ecuador. E-mail: diego.caicedo@upec.edu.ec [ORCID](#)

²Magíster en Auditoría Ambiental, Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Ecuador. E-mail: hernan.benavides@upec.edu.ec [ORCID](#)

³Magíster en Administración de Empresas, Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Ecuador. E-mail: luis.carvajal@upec.edu.ec [ORCID](#)

⁴Magíster en Análisis de Datos Masivos, Consultor independiente, Ecuador. E-mail: gabriela Revelo41@gmail.com [ORCID](#)



Analysis of edaphic populations in soils with forest-pasture systems dedicated to dairy production, at San Vicente Farm, El Carmelo, Ecuador

Abstract

The presence of trees in a grazing ecosystem increases edaphic populations and, therefore, symbiotic relationships. In the high Andean ecosystems of the northern part of Ecuador there is little research on this topic. The objective of this work is to determine the population growth of the edaphic fauna in the forest-pasture systems. For this case, this system has the following combinations: alder (*Alnus acuminata*) and forage mix, acacia (*Acacia melanoxylon*) and forage mix, and a control with forage mix. The count was carried out in two periods: July and December, in the years 2016, 2017 and 2018. For the statistical part, an analysis of variance and the Tukey's test were carried out, which allowed showing probabilities and identifying the best response of species growth, depending on forest-pasture treatment. The statistical analyzes show the evolution of the system in the first year, in which there are no significant differences, due to the transplantation and growth of the trees; from the second year there are already edaphic changes between treatments due to an increase in organic matter, which influences the species in the soil. The statistical results conclude that the forest-pasture system with acacia has more edaphic population.

Keywords: Black locust; high Andean; times; edaphic fauna; forest-pasture system.

Análise de populações edáficas em solos com sistemas silvipastoris dedicados à produção leiteira, na Finca San Vicente, El Carmelo, Equador

Resumo

A presença de árvores em um ecossistema de pastoreio aumenta as populações edáficas e, portanto, as relações simbióticas. Nos ecossistemas altos andinos do norte do Equador, existem poucas pesquisas sobre o assunto. O objetivo deste trabalho é determinar o crescimento populacional da fauna edáfica nos sistemas silvipastoris. Para este caso, o sistema silvopastoril conta com as seguintes combinações: mistura de amieiro (*Alnus acuminata*) e mistura de forragem, acácia (*Acacia melanoxylon*) e mistura de forragem, e uma testemunha com mistura de forragem. A contagem foi realizada em dois períodos: julho e dezembro, nos anos de 2016, 2017 e 2018. Para a parte estatística, foi realizada a análise de variância e o teste de Tukey, que permitiu evidenciar probabilidades e identificar a melhor resposta de crescimento das espécies, dependendo do tratamento silvopastoril. As análises estatísticas mostram a evolução do sistema no primeiro ano, no qual não há diferenças significativas, devido ao transplante e crescimento das árvores; a partir do segundo ano já ocorrem mudanças edáficas entre os tratamentos devido

ao aumento da matéria orgânica, que influencia as espécies no solo. Os resultados estatísticos concluem que o sistema silvopastoril com acácia possui população mais edáfica.

Palavras-chave: Acácia; alto andino; épocas; fauna edáfica; silvo pastoril.

1. Introducción

Identificar las condiciones del agro altoandino se ha vuelto una necesidad, debido a la importancia que tienen estos ecosistemas para la producción agropecuaria y demás servicios ambientales que éstos ofrecen; dichas condiciones pueden ser valoradas por la presencia de diversidad biológica en el suelo.

En investigaciones preliminares (Hernández et al., 2014), se ha determinado que los sistemas silvopastoriles constituyen un hábitat propicio para la biota del suelo (Caicedo et al., 2018) debido a las condiciones ecológicas. Montagnini et al. (2015) informaron que en los trópicos de altura es frecuente el cultivo de pastos con o sin riego, con corte del pasto para ensilaje, por lo cual se ha buscado sistemas productivos con forraje que minimicen la compra de insumos, se reduzcan los plaguicidas y se conserve la capa edáfica con su flora y fauna.

Investigaciones similares expresan que la presencia de árboles hace que se incremente los índices de biodiversidad, aunque pueden existir variaciones por disturbios (Karlin et al., 2015), permiten mejorar el funcionamiento del agroecosistema conjuntamente con factores como la radiación solar, señalando a la agroforestería como una acción positiva (Rivest et al., 2013).

En términos biológicos, la fauna edáfica está constituida por aquellos organismos presentes en los primeros centímetros de la capa superficial del suelo (Castro, 2017). Su función principal es acelerar, conjuntamente con la carga bacteriana, la descomposición de los residuos vegetales, contribuyendo con el ciclaje de nutrientes, formando galerías para oxigenar al suelo, actuando como un control biológico de plagas, argumentos que los convierten en un indicador biológico cuando el suelo sufre perturbaciones.

En ecosistemas tropicales altoandinos es importante conocer la edafofauna, ya que se considera un indicador del estado de los suelos (Noguera-Talavera et al., 2017), y su presencia está relacionada con la productividad, porque aportan al reciclaje de nutrientes y mejoran las propiedades físico-químicas del suelo.

La variabilidad y cantidad de fauna edáfica muestran respuestas del funcionamiento del sistema agrícola (Matienzo et al., 2015), de las condiciones ambientales y de los niveles de presión antrópica. Cabe considerar que la biota del suelo presenta una sensibilidad a los cambios naturales o antropogénicos, por lo tanto, su presencia permite evaluar el estado del agroecosistema (Socarrás, 2013).

El objetivo de esta investigación fue analizar las poblaciones edáficas en función del sistema silvopastoril y determinar cuál presenta mayor diversidad biológica. En la zona de estudio se ha realizado investigaciones que han comprobado la potencialidad de los sistemas silvopastoriles en zonas andinas (Rosales et al., 2018). Por lo tanto, fue necesario realizar un análisis estadístico correspondiente a tres años, con respecto a las poblaciones de biota del suelo, mediante muestreos por época del año y por sistema silvopastoril, para luego poder concluir sobre la condición del agroecosistema.

2. Materiales y métodos

La zona de estudio se ubica en la finca San Vicente, parroquia El Carmelo, provincia del Carchi, Ecuador, localizada a una altitud de 2.950 m s. n. m., cuyas coordenadas UTM son las siguientes: latitud norte 210000, y longitud 10072464. Corresponde a un clima ecuatorial de alta montaña, con rangos de precipitación entre de 1.200 y 2.000 mm, y temperaturas de 10 °C a 12 °C (Estación meteorológica El Carmelo).

El experimento se planificó para los años 2016, 2017 y 2018, divididos en dos épocas. El trabajo se enfocó en el logro de conocimiento, para ello, se aisló el evento del total de especies encontradas en el sistema silvopastoril: aliso, acacia y pasto. Igualmente, se planeó el seguimiento de tres fases. La primera fase consistió en el diseño, planificación y organización del experimento; la segunda fase fue la ejecución del experimento, y la tercera fase corresponde al procesamiento y análisis de resultados (Cisneros, 2011).

En la primera fase se definió y delimitó el experimento, se identificó la unidad experimental, en este caso es el sistema silvopastoril y la variable respuesta (número de especies); también se estableció los objetivos de estudio y se formuló las hipótesis de trabajo; por último, se diseñó el programa de experimentación.

En la segunda fase se estableció los procesos de control de la variable respuesta, se diseñó los instrumentos de registro de resultados y se procedió a la ejecución del experimento, que consistió en la siembra de las especies de aliso y acacia, y posterior conteo de las especies (Cisneros, 2011).

La contabilización de la biota se realizó entre las franjas de los árboles, en cuadrantes de 30 cm de largo, 30 cm de ancho y 30 cm de profundidad (Caicedo et al., 2018), con un total de 30 muestras por cada sistema silvopastoril y el testigo. Cada muestreo se realizó en dos épocas del año: en los meses de julio y diciembre, en los años 2016, 2017, 2018.

La biota colectada fue identificada a nivel taxonómico de orden y se determinó la abundancia relativa en cada sistema silvopastoril, para lo cual se utilizó la siguiente ecuación:

$$AR = \frac{\text{Número de individuos de una especie}}{\text{Total de individuos de todas las especies}} \times 100$$

Donde:

AR = Abundancia relativa.

La abundancia relativa se usa para analizar la diversidad alfa por la homogeneidad, y el área de estudio presenta condiciones semejantes, como el clima, altitud y condición de suelo (Moreno, 2001).

La tercera fase inició con el procedimiento básico de análisis en experimentos, a través del análisis de varianza. En este experimento, el diseño se realizó con la participación de un solo factor o variable independiente, que está siendo controlado, asumiendo que los restantes factores se mantienen en iguales condiciones para las unidades de experimentación, como son las condiciones climáticas y edafotopográficas.

Para analizar lo dicho anteriormente, se realizó un diseño a un criterio de clasificación con igual número de observaciones por tratamiento. Se realizó 60 observaciones por cada tratamiento (sistema silvopastoril), durante cada año.

La función matemática que define este modelo es la siguiente:

$$X_{ij} = \mu + \alpha_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

X_{ij} = valor de la variable respuesta correspondiente a la i -ésima observación del j -ésimo tratamiento, que se considera normalmente distribuido alrededor del promedio del tratamiento μ_j .

μ = promedio general o promedio poblacional.

α_j = efecto del j -ésimo tratamiento.

ϵ_{ij} = error o valor residual de la i -ésima observación del j -ésimo tratamiento, se considera independiente de observación a observación y está normalmente distribuido con valor esperado igual a cero y varianza igual a σ^2 , $N(0, \sigma^2)$.

3. Resultados y Discusión

Las especies contabilizadas en dos épocas por año, durante 2016, 2017 y 2018, muestran la variabilidad de la fauna edáfica en las poblaciones muestrales (ver Tabla 1).

Tabla 1

Especies contabilizadas en 2016, 2017, 2018

N°	Orden taxonómico	Nombre común	Aliso y pasto	Acacia y pasto	Pasto
1	Haplotaxida	Lombrices	3801	2262	2305
2	Pulmonata	Babosas	219	137	147
3	Isopoda	Cochinillas	0	3	2
4	Scolopendromorpha	Ciempíes	7	15	3
5	Araneae	Arañas	203	299	205
6	Coleoptera	Escarabajos	182	277	206
7	Dermaptera	Tijeretas	6	2	1
8	Diptera	Moscas	274	189	191
9	Lepidoptera	Mariposas	32	45	43
10	Orthoptera	Saltamontes	17	37	51
11	Hemiptera	Chinches	9	54	37
12	Hymenoptera	Abejas, avispas, hormigas	6	1	6
13	Hirudinea	Sanguijuelas	0	5	6
Total			4756	3326	3203

El conteo de las especies permitió determinar los valores de abundancia relativa (ver Tabla 2).

Tabla 2

Abundancia relativa en % de las poblaciones muestrales en 2016, 2017, 2018

Orden taxonómico	Aliso y pasto	Acacia y pasto	Pasto
Haplotaxida	79,9	68,0	72,0
Pulmonata	4,6	4,1	4,6
Isopoda	0,0	0,1	0,1
Scolopendromorpha	0,1	0,5	0,1
Araneae	4,3	9,0	6,4
Coleoptera	3,8	8,3	6,4
Dermaptera	0,1	0,1	0,0
Diptera	5,8	5,7	6,0
Lepidoptera	0,7	1,4	1,3
Orthoptera	0,4	1,1	1,6
Hemiptera	0,2	1,6	1,2
Hymenoptera	0,1	0,0	0,2
Hirudinea	0,0	0,2	0,2
TOTAL	100,0	100,0	100,0

Una vez obtenidos los números poblacionales se procedió al análisis estadístico, con las siguientes características del experimento:

Factor: sistema silvopastoril.

Tratamiento: aliso, acacia y pasto.

Unidad experimental: suelo.

Variable respuesta: número de especies.

Nivel de significación: 0,05.

Modelo: $X_{ij} = \mu + \alpha_j + \varepsilon_{ij}$

Formulación de hipótesis:

Ho: $\alpha_i = 0$ El número de especies es igual en cada sistema silvopastoril.

Ha: $\alpha_i \neq 0$ El número de especies es diferente en cada sistema silvopastoril.

Estadística de prueba:

$$F_c = \frac{CMECME}{CMRCMR}$$

Criterio de decisión:

Rechazar la Ho si $Sig \geq 0,05$

El resumen de los cálculos anuales se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3

Medias y desviación estándar de 2016, 2017, 2018

Sistema Silvopastoril	Media 2016	Media 2017	Media 2018	Desviación estándar 2016	Desviación estándar 2017	Desviación estándar 2018
Aliso	18,97	26,27	34,03	12,85	14,45	21,25
Acacia	18,02	13,82	23,60	10,71	7,56	16,69
Pasto	20,53	15,03	17,82	13,09	9,89	16,46
Total	19,17	18,37	25,15	12,24	12,31	19,37

Los análisis de varianza por cada año se presentan en las Tablas 4, 5 y 6.

Tabla 4

ANOVA 2016

Variable respuesta: Total de especies	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	Fisher	Sig. P. valor
Entre grupos	193,81	2	96,90	0,64	0,52
Dentro de grupos	26635,85	177	150,48		
Total	26829,66	179			

Tabla 5

ANOVA 2017

Variable respuesta: Total de especies	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	Fisher	Sig. P. valor
Entre grupos	5653,41	2	2826,70	23,29	0,00
Dentro de grupos	21482,65	177	121,37		
Total	27136,06	179			

Tabla 6

ANOVA 2018

Variable respuesta: Total de especies	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	Fisher	Sig. P. valor
Entre grupos	8105,63	2	4052,81	12,14	0,00
Dentro de grupos	59085,31	177	333,81		
Total	67190,95	179			

En los años 2017 y 2018 se rechaza H_0 , ya que el p valor es menor que 0,05, esto quiere decir que el número de especies es diferente en cada sistema silvopastoril, por lo tanto, existe diferencia significativa entre tratamientos. En 2016 se acepta H_0 , ya que estadísticamente no existe diferencia entre el número de especies en cada sistema silvopastoril, esto debido a que en el año 2016 se realizó el trasplante de las especies arbóreas, por lo tanto, la evolución del ecosistema silvopastoril estaba iniciando.

Se realizó la prueba de Tukey (ver Tabla 7) para los años 2017 y 2018, debido a que se detectaron diferencias significativas entre el número de especies de cada sistema silvopastoril.

Tabla 7

Prueba de Tukey

Sistema Silvopastoril	2017		2018	
	Subconjunto para alfa = 0,05		Subconjunto para alfa = 0,05	
	1	2	1	2
Acacia y pasto	13,82		17,82	
Pasto	15,03		23,60	
Aliso y pasto		26,27		34,03
Sig.	0,81	1,00	0,19	1,00

Se formaron 2 grupos en el año 2017, siendo aliso el sistema silvopastoril con mayor presencia de especies. En el año 2018, de igual manera, se formaron dos grupos, y aliso se mantuvo con el mayor número de especies.

Como se puede ver en la Tabla 1, el sistema silvopastoril con *A. acuminata* es el que presenta mayor cifra de fauna edáfica y la especie con mayor presencia numérica es Haplotaxida; cabe mencionar que el uso de suelo del área de estudio es la ganadería, por lo tanto, la especie vegetal dominante es el pasto, lo que significa que la edafofauna no tiene índices altos de biodiversidad con respecto a las zonas no intervenidas (Ramírez et al., 2013).

Lo expuesto en la Tabla 2 corrobora la abundancia relativa, en vista de que el orden Haplotaxida es el que tiene mayor presencia respecto a los demás taxones. La mayor presencia de las lombrices de tierra se debe a la cantidad de materia orgánica y a la presencia de sombras por los árboles (Benavides et al., 2019). En el caso de la población muestral con acacia tiene menor valor en

Haplotaxida, lo que significa una diversidad más equilibrada respecto al resto de especies (Díaz y Supelano, 2016).

El incremento de la biota del suelo se da por las condiciones adecuadas de suelo, la humedad y reciclaje de nutrientes, dando como resultado un equilibrio en el agroecosistema (Benavides et al., 2019). El sistema silvopastoril con aliso es el que más sobresale en cuanto a la cantidad de fauna edáfica, esto se debe a que *A. acuminata* mejora los procesos simbióticos y fija el nitrógeno, lo que ocasiona un aumento en el flujo de nutrientes (Silva et al., 2018), evidencias que también concuerdan con lo que menciona Ortega (2018), en su investigación sobre diversidad de macro fauna en sistemas silvopastoriles.

Los análisis de biota edáfica son útiles para entender la evolución de la dinámica poblacional en función del cambio ambiental o de los impactos de las actividades humanas en dichos ambientes; de esta manera, al colocar árboles en zonas de pastizales, se puede inferir que existe una mejora en las poblaciones edáficas, especialmente con la especie arbórea *A. acuminata*, cuyo sector de muestreo pudo evidenciar un número poblacional mayor que el sistema silvopastoril con *Acacia melanoxylon* y pasto, esto se pudo corroborar con el análisis estadístico de *Tukey*.

La productividad del agroecosistema depende de la materia orgánica, y para los sistemas silvopastoriles, las hojas de los árboles adicionan materia orgánica, concordando con lo que menciona Camargo (2018), y que posteriormente es descompuesta por la fauna edáfica, coincidiendo con Castro (2017) en su investigación sobre fauna edáfica. La presencia de los árboles con mezcla forrajera hace propicio el hábitat para organismos biorreguladores, fitófagos y comunidades bacterianas, en proporciones equilibradas permite potenciar la acción biótica del suelo, mantener las relaciones simbióticas y la estabilidad óptima del hábitat (Rincón et al., 2017; Vega et al., 2014). La condición climática es un aspecto básico para el sostenimiento de la biota del suelo (Juárez-Ramón y Fragoso, 2014) y la presencia de los árboles en un agroecosistema hace que se creen microclimas y la retención del agua en épocas secas sea significativa, tal como lo manifiesta Altamirano (2013). Además, en las zonas altoandinas, los factores climáticos inciden en el crecimiento vegetal, por ende, las tasas de crecimiento de la edafofauna pueden variar por cambio de época, argumento que

coincide con lo que menciona Pineda (2013), en su investigación sobre macrofauna en diferentes usos de suelo.

Los sistemas silvopastoriles en el área de estudio se mantienen en condiciones óptimas y su indicador es la presencia de biota de suelo, analizada durante tres años, lo que ha permitido evidenciar su evolución. Finalmente, los datos estadísticos permitieron realizar un análisis comparativo de las poblaciones edáficas en las combinaciones silvopastoriles y mostrar que los sistemas silvopastoriles optimizan las funciones del ecosistema.

4. Conclusiones

El índice de biodiversidad de abundancia relativa permitió realizar un análisis comparativo de las poblaciones edáficas en las combinaciones silvopastoriles y concluir que *Alnus acuminata* tiene mejor presencia de fauna edáfica, pero cabe mencionar que los resultados de la abundancia entre cada población muestral no son significativos, debido a la uniformidad de las condiciones ambientales del lugar.

Los sistemas silvopastoriles se mantienen en condiciones óptimas, cuyo indicador es la presencia de biota de suelo, analizada durante tres años, que ha permitido evidenciar su evolución.

El edafón, al descomponer la materia orgánica y al remover la tierra, ocasiona que en el suelo se mejore la aireación y se adicionen los sustratos nutritivos que optimizan la productividad en los sistemas silvopastoriles, garantizando así su sostenibilidad en el tiempo, en vista de las ventajas ecológicas que tienen.

Finalmente, es necesario vincular e instruir a las comunidades sobre las ventajas del silvopastoreo para que se repliquen estos sistemas en zonas andinas con monocultivo de pasto y puedan aprovechar su potencialidad.

5. Conflicto de intereses

Los autores del artículo declaran no tener ningún tipo de conflicto de intereses sobre el trabajo presentado.

Referencias

- Altamirano, C. (2013). *Determinación de la productividad forrajera de un sistema tradicional de pastoreo con pasto miel frente a un sistema silvopastoril de pasto miel con Aliso en Nanegalito* [tesis de pregrado, Escuela Politécnica del Ejército]. DSpace Repository. <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/7265?locale-attribute=en>
- Benavides, H., Vargas, S., Caicedo, D., Carvajal, L. y Mina, J. (2019). Effect of agro-ecosystem and periods of the year upon earthworm population density on silvopastoral systems. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 53(2), 197-206.
- Caicedo, D., Benavides, H., Carvajal, L. y Ortega, J. (2018). Población de macrofauna en sistemas silvopastoriles dedicados a la producción lechera: análisis preliminar. *La Granja revista de ciencias de la vida*, 27(1), 77-85. <https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.06>
- Camargo, A. (2018). *Distribución de carbono orgánico con la profundidad del suelo en el bosque de aliso (Alnus acuminata), Cullpa, Huancayo, Perú* [tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio Institucional Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/5026>
- Castro, J. (2017). *Papel de la fauna edáfica en el funcionamiento de los ecosistemas agrícolas* [tesis doctoral, Universidad de Vigo]. Repositorio Institucional da Universidade de Vigo. <http://www.investigacion.biblioteca.uvigo.es/xmlui/handle/11093/761>
- Cisneros, O. (2011). *Introducción al Análisis Estadístico de Diseños Experimentales*. Quito, Ecuador.
- Díaz, Z. y Supelano, S. (2016). Análisis de la composición florística en la reserva Palma de Cera, La Vega (Cundinamarca, Colombia). *Semillas Ambientales*, 10(1), 18-24.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (5.ª ed.). McGraw-Hill.
- Juárez-Ramón, D. y Frago, C. (2014). Comunidades de lombrices de tierra en sistemas agroforestales intercalados, en dos regiones del centro de México. *Acta Zoológica Mexicana*, 30(3), 637-54.
- Karlin, M., Bernasconi, J., Schneider, C., Rufini, S., Accietto, R., Arnulphi, S. y Cora, A. (2015). Aprovechamiento de la potencialidad silvopastoril como alternativa para el control de incendios en la Reserva Natural Militar La Calera, Córdoba (Argentina). En P. Peri (comp.), *3.º Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles-VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales* (pp. 636-640). INTA.
- Matienco, Y., Alfonso-Simonetti, J., Vázquez-Moreno, L., De la Masa, R., Matamoros M., Díaz, Y., Torres, T. y Porras, A. (2015). Diversidad de grupos funcionales de la fauna edáfica y su relación con el diseño y manejo de tres sistemas de cultivos. *Fitosanidad*, 19(1), 45-55.
- Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H. y Eibl, B. (2015). *Sistemas Agroforestales*. Editorial CIPAV.
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Sociedad Entomológica Aragonesa.
- Noguera-Talavera, Á., Reyes-Sánchez, N., Mendieta-Araica, B. y Salgado-Duarte, M. (2017). Soil macrofauna as indicator of agroecological conversion of a productive system of Moringa oleifera Lam. in Nicaragua. *Pastos y Forrajes*, 40(4), 249-58.
- Ortega, J. (2018). *Determinación de la diversidad de la macrofauna edáfica en sistemas silvopastoriles con aliso (Alnus acuminata), acacia (Acacia melanoxylon) y un pastizal convencional como indicador biológico* [tesis de pregrado, Universidad Politécnica Estatal del Carchi]. UPEC. <http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/779>
- Pineda, M. (2013). *Estudio de la macrofauna en diferentes usos de suelo con Laurel de Cera Morella pubescens en la granja Experimental Botana* [tesis de pregrado, Universidad de Nariño]. SIREDA. <http://sireda.udenar.edu.co/2827/>

- Ramírez, R., Guzmán, M. y Leiva, E. (2013). Dinámica de las Poblaciones de Lombrices en un Andisol Sometido a Distintos Sistemas de Uso del Suelo. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 66(2), 7045-7055.
- Rincón, J., Merchán, D., Sparer, A., Rojas, D. y Zarate, E. (2017). La descomposición de la hojarasca como herramienta para evaluar la integridad funcional de ríos altoandinos del sur del Ecuador. *Revista de Biología Tropical*, 65(1), 321-34.
- Rivest, D., Paquette, A., Moreno, G. y Messier, C. (2013). A meta-analysis reveals mostly neutral influence of scattered trees on pasture yield along with some contrasted effects depending on functional groups and rainfall conditions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 165(15), 74-79.
- Rosales, H., Hernández, S., Aguiar, D., Rosero, D., Pérez, L. y Rosero, M. (2018). Assessment of soil quality in andosols using silvopastoral systems. *The Open Agriculture Journal*, 12(1), 207-14.
- Silva, A., Garay, S. y Gómez, A. (2018). Impacto de *Alnus acuminata* Kunth en los flujos de N₂O y calidad del pasto *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov. *Colombia Forestal*, 21, 47-57.
- Socarrás, A. (2013). Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. *Pastos y Forrajes*, 36(1), 5-13.
- Vega, A., Herrera, R., Rodríguez, G., Sanchez, S., Lamela, L. y Santana, A. (2014). Evaluación de la macrofauna edáfica en un sistema silvopastoril en el Valle del Cauto, Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48(2), 189-93.

Contribución

Todos los autores participaron en la elaboración del artículo, lo leyeron y aprobaron.