



Artículo Original

Evaluación de impacto ambiental del establecimiento de sistemas silvopastoriles en el municipio Camagüey, Cuba

Environmental impact assessment of the establishment of silvopastoral systems in the municipality of Camagüey, Cuba

Madelin Cruz Cruz¹  <https://orcid.org/0000-0002-9122-5912>, Rebeca González López del Castillo¹  <https://orcid.org/0000-0002-2814-3359>, Odalys Brito Martínez¹  <https://orcid.org/0000-0002-8809-355X>

Resumen:

Contexto: Necesidad de establecer sistemas silvopastoriles en los agroecosistemas ganaderos del municipio Camagüey, teniendo en cuenta su impacto en el medio ambiente.

Objetivo: Evaluar el impacto ambiental que ocasionaría el establecimiento de sistemas silvopastoriles en agroecosistemas ganaderos del municipio Camagüey, Cuba.

Métodos: Metodología Gómez Orea, para la valoración de los impactos por componentes de los subsistemas: físico- químicos (naturales), biológicos- ecológicos, socio- cultural, económico- operacional y medio ambiente. Para la interpretación del resultado de la valoración de los impactos se suman los valores totales de incidencia de cada uno de ellos sobre los diferentes componentes. Se tomaron intervalos de los valores de importancia para dar una clasificación de su grado de significación: Muy alto: > 120, Alto: 119 – 90, Medio: 89 – 50, Bajo: 49 – 10 y Muy bajo: < 10.

Resultados: Se identificaron 18 impactos potenciales significativos, de ellos 16 positivos y 2 negativos. Los impactos positivos representan el 88,9 % de total, mientras que los impactos negativos evaluados representan el 11,1 %. Los impactos muy altos y altos fueron dos de cada uno, promediando 11,1 % del total en cada caso, los medios fueron cuatro representando 22,2 %; resultando los bajos el 44,4 %.

Conclusiones: Se alcanza un indicador de impacto de 854 puntos, significando que con el establecimiento de los sistemas silvopastoriles se incrementa la resiliencia ambiental, mejorando las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo, la biodiversidad, el bienestar animal y la contribución a la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Palabras clave: impacto, ambiental, sistemas silvopastoriles.

Abstract:

Background: The need to establish silvopastoral systems in the livestock agroecosystems of the Camagüey municipality, taking into account their impact on the environment.

Objective: To evaluate the environmental impact that would result for the establishment of silvopastoral systems in livestock agroecosystems in the municipality in Camagüey, Cuba.

Methods: Gómez Orea Methodology, to the assessment of impacts by the components of the subsystems: physical- chemical (natural), biological- ecological, economic- operational and environment. To interpret the result of the assessment of the impacts, the total values of incidence of each of them of the different components are added. Intervals of the values of importance were taken to give a classification of their degree of importance, significance: Very high: >120, High: 119-90, Medium: 89-50, Low: 49-10 and very low: <10.

Results: Eighteen significant potential impacts were identified, of which 16 were positive and 2 were negative. Positive impacts accounted for 88,9 % of the total, while negative impacts assessed accounted for 11,1 %. Very high and high impacts accounted for two each, averaging 11,1 % of the total in each case, the medium impacts were four, averaging 22,2 % with low impacts accounting for 44,4 %.

Conclusions: An impact indicator of 854 points is achieved, meaning that whit establishment of silvopastoral systems environmental resilience is increased, improving the physical, chemical and microbiological properties of the soil, biodiversity, animal well-being and the contribution to the mitigation of greenhouse effect.

Keywords: impact, environmental, silvopastoral systems.

Historial del artículo

Recibido: diciembre 2024

Aceptado: enero 2025

¹Centro de Investigaciones del Medio Ambiente de Camagüey, Cuba.

Email: mcruz@cimac.cu

Artículo de acceso abierto bajo licencia Creative Commons Atribución NoComercial CompartirIgual (CC-BY-NC-SA) 4.0.



Citación recomendada para este artículo:

Cruz Cruz, M., González López del Castillo, R., Brito Martínez, O. (2025). Evaluación de impacto ambiental del establecimiento de sistemas silvopastoriles en el municipio Camagüey, Cuba. *Monteverdia*, 18 (1), pp. 1-6. Recuperado de: <https://monteverdia.reduc.edu.cu/index.php/monteverdia>

Introducción

La ganadería es una de las fuentes de emisión continua

y acumulativa de gases de efecto invernadero (GEI), los que son responsables en cierta medida del cambio

climático y el calentamiento global contribuyendo entre el 14,5 y 15% de las emisiones totales de GEI (Gerber et al., 2013; Gerssen et al., 2017). Mientras tanto, el cambio climático ocasiona en la actividad ganadera problemas de escasez de recursos naturales, pérdida de la biodiversidad y deterioro en la salud de los animales, estos últimos relacionados con la disminución de alimentos, la incidencia de plagas, reaparición de enfermedades y estrés calórico (Rojas, Nejadhashemi, Harrigan & Woznicki, 2017).

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace necesario establecer agroecosistemas con superficies de biodiversidad vegetal amplia, resilientes ambiental y económicamente, debido a que la biodiversidad vegetal favorece relaciones mutualistas que, a su vez, promueven suelos saludables, premisa fundamental para una producción vegetal sustentable (Gutiérrez, Mendieta y Noguera, 2020; Lehmann, Bossio, Kögel & Rilling, 2020). Las superficies pastoriles o de apacentamiento con biodiversidad vegetal planificada, con incorporación de especies herbáceas, semileñosas y leñosas, de porte medio a alto, se han referido como sistemas silvopastoriles y se han señalado como una opción en el diseño e implantación de entidades ganaderas resilientes (Díaz, Gamarra, Ruiz y Vera, 2020; Peña, Ayestarán, Márquez, Martínez, Rivas y Carrasco, 2022). Los sistemas silvopastoriles pueden ser una alternativa en la gestión de los recursos naturales para revertir daños a ecosistemas perturbados por la actividad humana, en los que se establecieron ecosistemas de escasa biodiversidad vegetal y animal en la búsqueda de un rendimiento máximo (González, Martínez y Echavarría, 2018). Las empresas agropecuarias, además de la obtención de satisfactores de consumo y uso antropocéntrico directo, deben atender la provisión de servicios ecosistémicos: agua limpia, formación de suelo saludable, microclima por cobertura aérea vegetal, polinización, entre otros (Gómez, Cobos y Hasang, 2019; Peña et al., 2022).

La planificación adecuada de los componentes vegetales de un sistema silvopastoril promueve suelos saludables, capaces de producir mayores cosechas por su abundante biología, biodiversidad vegetal y animal extensa, además de que interviene en la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero y contribuye al bienestar animal y la resiliencia empresas ganaderas (González et al., 2018; Vásquez, Valqui, Alegre, Gómez y Maicelo, 2020; Deniz, Sousa, Moro, Vale, Dittrich & Pinheiro, 2021; Oyelami & Osikabor,

2022). Sin embargo, es necesario compendiar y analizar críticamente las evidencias científicas acerca de la conformación y manejo de los sistemas silvopastoriles para lograr impactos ambientales positivos y empresas ganaderas resilientes y sostenibles (Améndola Solorio, Ku, Améndola, Zarza & Galindo, 2016; Hanisch, Negrelle, Bonatto, Nimmo & Lacerda, 2019).

La producción ganadera constituye uno de los principales usos de la tierra en Cuba. Los pastizales y las praderas se ubican principalmente en suelos de baja productividad, que lleva a la pérdida de biodiversidad, mala provisión de servicios ecosistémicos y más vulnerabilidad al cambio climático.

Tal vulnerabilidad de los sistemas de producción agropecuarios, se manifiesta con énfasis en los ganaderos vacunos que, para su desarrollo, es necesario reconocer el carácter multidimensional de la sostenibilidad y tener en cuenta los resultados de investigaciones en ellos con bases agroecológicas.

La provincia Camagüey tiene un gran peso en la producción de leche y carne del país, y el municipio del mismo nombre es uno de los principales productores. Por ello es necesario incentivar la transición a sistemas de ganadería sostenible y lograr la restauración de pastos y sistemas silvopastoriles. Este trabajo tiene el objetivo de evaluar el impacto ambiental que ocasionaría el establecimiento de sistemas silvopastoriles en agroecosistemas ganaderos del municipio Camagüey, Cuba.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en el municipio de Camagüey. Este con una extensión superficial de 1 098,58 km², ubicado entre los 21°12'10" y 21°37'40" de latitud norte y 77° 39'56" y los 78°11'49" de longitud oeste. Limita al norte con los municipios de Esmeralda y Sierra de Cubitas, por el sur con Jimaguayú. Al este con Minas y Sibanicú y por el oeste Vertientes y Florida, este espacio tiene un área agrícola de 109,9 miles de ha, de las cuales 67,4 (61,32 %) son dedicadas a la ganadería (Oficina Nacional de Estadística e Información, 2021).

La identificación de impactos (Tabla 1), se realizó según criterios de expertos. Se seleccionaron cinco especialistas cuya formación básica cae en el campo de la geografía, la agronomía, la biología y la economía, pero todos con experiencia en el establecimiento,

evaluación y monitoreo de sistemas silvopastoriles.

Tabla 1. Impactos identificados.

No	Impacto
1	Reducción de la sobre explotación del suelo
2	Modificación del drenaje superficial y subterráneo (régimen de escurrimiento e infiltración natural)
3	Mejora de la calidad del aire
4	Mejora en las condiciones físico químicas y biológicas del suelo
5	Aumento de la cobertura vegetal
6	Aprovechamiento de la cobertura existente
7	Incremento en las fuentes de mielación
8	Mejora en la salud y reproducción vacuna
9	Transformación del paisaje
10	Generación de nuevas fuentes de empleo
11	Incremento de los ingresos a la economía empresarial y personal
12	Incremento de los gastos por compra de materiales e insumos para establecimiento de los SSP y diversificación de los ecosistemas.
13	Incremento de la producción (leche)
14	Incremento de producciones secundarias (miel, carbón, frutales)
15	Afectación de la cobertura natural por peligros naturales
16	Incremento de plagas y gastos por concepto de traslados y estrategias de evacuación de la masa vacuna.
17	Reducción de costos ambientales
18	Seguimiento y evolución del estado y comportamiento de los ecosistemas

Para la evaluación de los impactos ambientales (EIA) se utilizó la metodología de Gómez Orea (1986), que establece la valoración por los componentes de los subsistemas: físico- químicos (naturales CN), biológicos-ecológicos (CB), socio-cultural (CS), económico-operacional (CE) y medio ambiente (MA) (Tabla 2).

Esta metodología concibe el proceso como caracterización y valoración y evalúa los siguientes aspectos:

A. Carácter del impacto: se refiere al carácter beneficioso o perjudicial del impacto sobre los factores que afecte (+) Positivo o (-) Negativo.

B. Magnitud: se refiere al grado de incidencia sobre el factor ambiental, en el ámbito que actúa (1) Baja, (2) Media, (3) Alta.

C. Extensión: está relacionado con el área de influencia del impacto en relación con el entorno del Proyecto (1)

Puntual < 30%, (2) Parcial 30-70%, (3) Extenso > 70%.

D. Momento: es el plazo de manifestación del impacto, es decir, la relación entre la acción y el comienzo del efecto sobre el factor impactado (3) Corto, (2) Mediano, (1) Largo.

E. Duración: tiempo que se supone permanezca el efecto del impacto (1) Temporal (< 3 años), (2) Media (3-10 años), (3) Permanente (> 10 años).

F. Reversibilidad del efecto: posibilidad de recuperación hacia las condiciones naturales, es decir, en qué medida se rehabilitará el factor al cesar el impacto (4) Irreversible, (3) Largo plazo (> 10 años), (2) Mediano plazo (3-10 años), (1) Corto plazo (< 3 años).

Tabla 2. Componentes evaluados por subsistema y el impacto de los SSP sobre ellos.

Im- pacto	CN			CB			CS		CE		MA	To- tal	
	A	H	S	F V	FS	FG	P	FT	NC	E	AG		AM
1	0	0	23	23	0	23	0	0	0	0	20	18	107
2	0	18	18	0	0	0	0	0	0	0	0	12	48
3	18	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	12	45
4	0	0	23	23	0	23	0	0	0	0	20	12	101
5	0	0	23	23	0	23	23	0	0	0	20	12	124
6	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	20	12	55
7	0	0	0	12	14	0	0	0	0	13	0	13	52
8	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0	20	12	55
9	0	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0	12	35
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	20	20	20	0	0	60
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-19	0	0	-19
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	20	0	43
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	6
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-16	0	0	-16
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	21
18	15	18	20	20	20	23	0	0	0	0	0	21	137
Total	33	36	107	124	34	115	46	35	20	27	120	157	854

A: atmósfera; H: hidrología; S: suelo; FV Flora y vegetación; FS: fauna silvestre; FG: fauna ganadera; P: paisaje; FT: fuerza de trabajo; NC: nivel de conocimiento; E: economía; AG: actividad ganadera, AM: medio ambiente

Importancia del impacto

Importancia = 3 (Valor de la magnitud) + 2 (Valor de la extensión) + Valor de los plazos + Valor de la persistencia + Valor de la reversibilidad. El resultado final de la evaluación se expresa por el carácter del impacto y su importancia.

Para la interpretación del resultado de la valoración de

los impactos se suman los valores totales de incidencia de cada uno de ellos sobre los diferentes componentes del medio, tanto natural, socioeconómico y el medio ambiente.

Se tomaron intervalos de los valores de importancia para dar una clasificación de su grado de significación:

Muy alto: > 120

Alto: 119 – 90

Medio: 89 – 50

Bajo: 49 – 10

Muy bajo: < 10.

Resultados y discusión

El establecimiento de los sistemas silvopastoriles, ocasionaría impactos muy positivos a los ecosistemas ganaderos, ya que la mayoría de los componentes analizados mejoran con su implementación (Tabla 2).

Se identificaron 18 impactos potenciales significativos (Tabla 2), de ellos 16 positivos y 2 negativos. Los impactos positivos representan el 88,9 % de total, mientras que los impactos negativos evaluados representan el 11,1 %. Los impactos muy altos y altos fueron dos de cada uno, promediando 11,1 % del total en cada caso, los medios fueron cuatro, representando 22,2 %; resultando los bajos el 44,4 %.

Entre los impactos positivos los más significativos son la reducción de la sobre explotación del suelo (107 puntos); mejora en las condiciones físico químicas y biológicas del suelo (101 puntos); aumento de la cobertura vegetal (124 puntos) y el seguimiento y evolución del estado y comportamiento de los ecosistemas (127 puntos).

Resultados similares a estos fueron descritos por Acosta Guevara y Plasencia (2008) cuando describió que el establecimiento de sistemas silvopastoriles en la ganadería de la cuenca del río San Pedro en Camagüey, lograría un indicador de impacto de 1290 puntos.

Otros autores como Romero Trillo, Orellana, Quiroga, Gamarra y Rojas (2021) en México, señalan que las especies leñosas establecidas en los sistemas silvopastoriles presentan mayor desarrollo radical que las herbáceas, lo que tiene un efecto directo en la mejora de los niveles de agregación y estructuración de los suelos, mejorando sus condiciones físico-químicas y aumentando su cobertura vegetal.

Coincidiendo con lo anterior (Oliva Valqui, Meléndez, Milla, Leiva y Collazos, 2018; Azuara López, Jarillo, Pérez-Hernández, Ortega y Castillo, 2020) plantean que los sistemas silvopastoriles incrementan la productividad y, a su vez, el reciclaje de nutrientes lo que incide directamente en beneficio del suelo.

En correspondencia con lo anterior Oropesa Pentón, Lezcano, Miranda y Núñez (2020) señalaron que el establecimiento de sistemas silvopastoriles en ecosistemas ganaderos incrementa la biodiversidad y proporcionan diversos servicios ecosistémicos, permitiendo disminuir el uso de insumos externos en los agroecosistemas.

Muchos estudios demuestran la importancia de establecer sistemas silvopastoriles porque tienen una alta capacidad de respuesta, entre ellos se encuentran los realizados por (Gutiérrez et al., 2020) y (Cabrera Sánchez y Ponce, 2021) que mostraron que estos propician suelos saludables y aumento de la cobertura vegetal, incrementando la actividad de los microorganismos y macroorganismos, que ejercen el minado, el movimiento, la retención y la recirculación de minerales en el complejo suelo-planta-animal.

La posible aparición de plagas asociadas al establecimiento de los árboles, la inversión inicial que se precisa para ello y el gasto que presupone el traslado de ganado, constituyeron los principales elementos negativos a considerar, cuestiones señaladas por Funes (2002) al caracterizar los sistemas silvopastoriles y por Acosta et al. (2008) al realizar una evaluación de impacto ambiental sobre el establecimiento de sistemas silvopastoriles en áreas ganaderas.

Conclusiones

Se alcanza un indicador de impacto de 854 puntos, significando que con el establecimiento de los SSP es posible incrementar la resiliencia ambiental en los agroecosistemas, mejorando las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo, favoreciendo el incremento de la biodiversidad, del bienestar animal y permite contribuir a la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Recomendaciones

Seguir evaluando el impacto ambiental del establecimiento de sistemas silvopastoriles donde se incluyan otros aspectos.

Agradecimientos

Se agradece al Dr. C. Isidro Eduardo Méndez Santos, por la revisión crítica de este trabajo y las atinadas observaciones realizadas que contribuyeron a su perfeccionamiento.

Financiamiento de la investigación

La investigación fue financiada por el proyecto Manejo Sostenible de Tierras para la adaptación al cambio climático en paisajes agroforestales y ganaderos de la provincia Camagüey, Cuba; perteneciente al Programa Territorial de Ciencia y Técnica Medio Ambiente y Desarrollo Territorial Sostenible.

Contribución de los autores

Cruz Cruz: Dirección y planeación de la investigación, gestión de la información, procesamiento de los datos obtenidos, su interpretación, redacción del artículo y revisión final del manuscrito.

González López del Castillo: Gestión de la información, procesamiento de los datos obtenidos, su interpretación, redacción del artículo y revisión final del manuscrito.

Brito Martínez: Gestión de la información, procesamiento de los datos obtenidos, su interpretación, redacción del artículo y revisión final del manuscrito.

Conflictos de intereses

No se expresan conflictos de intereses.

Referencias

Acosta, Z., Guevara, G. y Plasencia, J. (2008). Evaluación de impacto ambiental del establecimiento de sistemas silvopastoriles en la cuenca del río San Pedro en Camagüey, Cuba. *Zootecnia Tropical*, 26(3), 175-178.

Oficina Nacional de Estadística e Información. (2021). *Anuario Estadístico Camagüey*. La Habana: Autor.

Améndola, L., Solorio, F. J., Ku, J. C., Améndola R. D.; Zarza, H. & Galindo, F. (2016). Social behaviour of cattle in tropical silvopastoral and monoculture systems. *Anim. Nutr.* 10(5), 863-867. <https://doi.org/10.1017/1751731115002475>

Azuara, I., López, S., Jarillo, J., Pérez-Hernández, P., Ortega, E. y Castillo, E. (2020). Forage availability in a silvopastoral system having different densities of *Leucaena leucocephala* under Voisin grazing

management. *Agroforest Syst.*, 94, 1701-1711. <https://doi.org/10.1007/s10457-02000487-5>

Cabrera, G., Sánchez, J. y Ponce, D. (2021). Macrofauna edáfica: composición, variación y utilización como bioindicador según el impacto del uso y calidad del suelo. *Acta Botánica Cubana*, 221, 1-21. <https://revistasgeotech.com/index.php/abc/article/view/404>

Deniz, M., Sousa, K.T., Moro, M. F., Vale, M., Dittrich, J. & Pinheiro, L. (2021). Social hierarchy influences dairy cows' use of shade in a silvopastoral system under intensive rotational grazing. *Applied Anim. Behaviour Sci.*, 244, 105467. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2021.105467>

Díaz, M., Gamarra, C., Ruiz, S. y Vera, M. (2020). Contenido de materia orgánica en suelos de sistemas silvopastoriles establecidos en el Chaco Central paraguayo. *Sociedad Científica*, 25(2), 131-143. <https://doi.org/10.32480/rscp.2020.25.2.131>

Funes, F. (2002). Potencialidades de los sistemas silvopastoriles en el contexto de la agricultura orgánica. *Memorias V Taller Internacional Silvopastoril y I Reunión Regional de Morera*. Matanzas, Cuba.

Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. & Tempio, G. (2013). Tackling climate change through livestock – A global assessment of emission and mitigation opportunities. *Economía Agraria*, XX(1), 15-18. <http://www.fao.org/3/ai3437e.pdf>

Gerssen, S.J., Lauwerijssen, R.B.G., Havlík, P., Herrero, M., Valin, H., Faaij, A.P.C. & Wicke, B. (2017). Intensification pathways for beef and dairy cattle production systems: Impacts on GHG emissions, land occupation and land use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 240, 135-147. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.02.012>

Gómez, D. (1986). Evaluación de impactos ambientales de proyectos agrarios. En *Estudios Monográficos No. 6*. Ministerio de la Agricultura, Pesca y Alimentación, España.

Gómez, J., Cobos, F. y Hasang, E. (2019). Sostenibilidad de los sistemas de producción de ganadería extensiva. *Ciencia e Investigación*, 4, 180-195. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3594078>

González, N., Martínez, J., y Echavarría, E. (2018). Malacofauna en dos sistemas silvopastoriles en Estelí,

- Nicaragua. *J. Selva Andina Anim. Sci.*, 5(1), 3-13. <https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2018.050100003>
- Gutiérrez, C., Mendieta, B. y Noguera, A. (2020). Composición trófica de la macrofauna edáfica en sistemas ganaderos en el Corredor Seco de Nicaragua. *Pastos y Forrajes*, 43(1), 32-40. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269163399005>
- Hanisch, A., Negrelle, R., Bonatto, R., Nimmo, E. & Lacerda, A. (2019). Evaluating sustainability in traditional silvopastoral systems (caívas): Looking beyond the impact of animals on biodiversity. *Sustainability*, 11(11), 3098. <https://doi.org/10.3390/su11113098>
- Lehmann, J., Bossio, D., Kögel, I. & Rilling, M. (2020). The concept and future prospects of soil health. *Earth Environment*, 1, 544-553. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0080-8>.
- Oliva, M., Valqui, L., Meléndez, J., Milla, M., Leiva, S. y Collazos, R. (2018). Influencia de especies arbóreas nativas en sistemas silvopastoriles sobre el rendimiento y valor nutricional de *Lolium multiflorum* y *Trifolium repens*. *Sci. Agrop.*, 9(4), 579-583. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.14>
- Oropesa, K., Pentón, G., Lezcano, J., Miranda, T. y Núñez, N. (2020). Biodiversidad y manejo de los residuos agropecuarios en una finca del municipio de Perico, Matanzas. *Pastos y Forrajes*, 43(2), 112-119. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-3942020000200112&lng=es&tlng=es
- Oyelami, B. & Osikabor, B. (2022). Adoption of silvopastoral agroforestry system for a sustainable cattle production in Nigeria. *J. Applied Sci. Environ. Manag.*, 26(8), 1397-1402. <https://doi.org/10.4314/jasem.v26i8.12>
- Peña, M., Ayestarán, L., Márquez, J., Martínez, F., Rivas, E. y Carrasco, P. (2022). Sistemas silvopastoriles enriquecidos: una propuesta para integrar la conservación en la producción ganadera en comunidades rurales de Los Tuxtlas, México. *Acta Botánica Mexicana*, 129, 1920-1925. <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1925>
- Rojas, M., Nejadhashemi, A., Harrigan, T. y Woznicki, S. (2017). Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management*, 16, 145-163. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2017.02.001>
- Romero, G., Trillo, F., Orellana, J., Quiroga, P., Gamarra, J. y Rojas, D. (2021). Efecto de *Acacia macracantha* en las propiedades físicas y químicas del suelo en un sistema silvopastoril. *Rev. Investig. Vet. Perú*, 32(3), e20389. <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i3.20389>
- Vásquez, H., Valqui, L., Alegre, J., Gómez, C. y Maicelo, J. (2020). Análisis de cuatro sistemas silvopastoriles en Perú: Caracterización física y nutricional de pasturas, composición florística, reserva de carbono y CO₂. *Sci. Agrop.*, 11(2), 167-176. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.02.03>