

Sistemas silvopastoriles: una alternativa para la ganadería bovina sostenible

Silvopastoral systems: an alternative for sustainable cattle ranching

Camilo del Carmen Gutiérrez Bermúdez¹ Bryan Gustavo Mendieta Araica²

¹ Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5856-8940> / camilogutierrezeca@yahoo.es

² Universidad Nacional Agraria, Facultad de Ciencia Animal. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8077-7420> / bryan.mendieta@ci.una.edu.ni



RESUMEN

La producción de alimento demanda cada vez el uso de mayor cantidad de recursos, lo que constituye un reto para los productores, investigadores e instituciones relacionados al sector agropecuario. Esto conlleva a realizar cambios en los procesos productivos al intensificar las áreas de producción sin sobre explotar los recursos naturales. El presente trabajo tiene como objetivo valorar la importancia de los sistemas silvopastoriles como una alternativa en los sistemas ganaderos, de cara a la transición agroecológica. Para esto se realizó una revisión de literatura relacionada al efecto negativo de la ganadería en el ambiente, producción animal, sistemas silvopastoriles, plantas forrajeras, y ganadería agroecológica en los últimos diez años. Se definen las tendencias actuales en el contexto de la eficiencia en la aplicación de criterios sostenibles. Se concluye que la aplicación de estrategias productivas sostenibles conserva la diversidad biológica y preservan los recursos naturales, así mismo la implementación de sistemas silvopastoriles en la ganadería reducen las emisiones de gases de efecto invernadero y mejoran la productividad y eficiencia del sistema, constituyéndose como una opción para el productor.

Palabra clave: agroecología, sostenibilidad, diversificación.

ABSTRACT

Food production increasingly demands the use of a greater amount of resources, which constitutes a challenge for researchers and institutions related to the agricultural sector. This leads to changes in production processes by intensifying production areas without overexploiting natural resources. The present work aims to assess the importance of Silvopastoral systems as an alternative in livestock systems, facing the agroecological transition. For this, a review of literature related to the negative effect of livestock on the environment, animal production, silvopastoral systems, forage plants and agroecological livestock of the last ten years was carried out, where current trends are defined in the context of efficiency in the application of sustainable criteria. It is concluded that the application of sustainable production strategies conserves biological diversity and preserves natural resources, likewise the implementation of Silvopastoral systems in livestock reduce greenhouse gas emissions and improve the productivity and efficiency of the system, becoming an option for the producer.

Keywords: Agroecology, sustainability, diversification.

Recibido: 2 de febrero 2022
Aceptado: 13 de mayo del 2022



Copyright 2022. Universidad Nacional Agraria (UNA).

Los artículos de la revista La Calera de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, se comparten bajo términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento, No Comercial, Compartir Igual. Las autorizaciones adicionales a las aquí delimitadas se pueden obtener en el correo edgardo.jimenez@ci.una.edu.ni

La actividad agropecuaria enfrenta diversos desafíos, esto se debe a la necesidad de producir alimentos con relación al crecimiento constante de la población (López *et al.*, 2015). Se prevé que para 2050 se necesitará un aumento del 50 % al 70 % en la productividad alimentaria para alimentar a 9 000 millones de personas (Alders *et al.*, 2021). La creciente demanda de alimentos pone una gran presión en los recursos naturales y en el uso de combustibles fósiles, esto unido a la sobre explotación de los suelos hace imperativa la implementación de estrategias agroecológicas amigables con el ambiente.

De acuerdo a investigaciones realizadas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2018), el aumento de los gases de efecto invernadero (GEI), producto de la actividad humana, altera de manera significativa la radiación atmosférica, esto conlleva a tener un efecto negativo sobre la forma de vida tanto en la superficie como debajo del suelo, así mismo, se ha catalogado la ganadería como una actividad perjudicial para el ambiente, debido a la contaminación propia del sistema y la quema de combustibles fósiles.

La producción de alimentos de origen agropecuario es considerada como una de las principales actividades humanas que contribuyen al calentamiento global por medio del aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero. El informe de IPCC (2018), menciona que en los últimos 200 años los niveles de CO₂ en la atmósfera han aumentado en aproximadamente 1.5 ppm (partes por millón) cada año y este comportamiento continúa en aumento; CO₂, incrementa considerablemente el efecto invernadero influyendo directamente en el clima, siendo la actividad ganadera una fuente importante de estas emisiones. Alrededor de 7.1 mil millones de toneladas de este gas proviene del sector ganadero, cantidad que podría reducirse en un rango de 14 % al 41 % si se incorporaran prácticas sostenibles en este sector (Moscoso *et al.*, 2017).

La actividad ganadera es considerada altamente contaminante por los residuos de material orgánico, patógenos y residuos farmacológicos a las fuentes de agua y al expandir la producción a zonas no aptas para esta actividad, generando: deforestación, degradación, compactación y erosión de los suelos (Moscoso *et al.*, 2017).

Dentro del sector ganadero, la intensificación de prácticas productivas que aplican principios agroecológicos, se constituye en una oportunidad para incrementar la eficiencia y la producción de biomasa comestible para el ganado, lo que conlleva a aportar materia orgánica al suelo (Murgueito *et al.*, 2016). Escobar *et al.* (2017), mencionan que, al acrecentar la materia orgánica se ocasiona una explosión de vida en el suelo, siendo una estrategia agroecológica la implementación de sistemas silvopastoriles una opción viable; Oliva *et al.*

(2019), reportan que la presencia de árboles en las áreas de pastos mejora la calidad del forraje y Delgado *et al.* (2020) explican que la presencia de árboles, principalmente de la familia Fabaceae, en los pastos mejoran la calidad de este y la calidad de la alimentación del ganado.

Dentro de las alternativas para una ganadería sustentable, son los sistemas silvopastoriles (SSP), que se basan en la interacción de plantas leñosas perennes (árboles o arbustos), leguminosas herbáceas y pastos, en diferentes arreglos y estratos para la alimentación del ganado bovino. El uso de sistemas silvopastoriles constituye una alternativa importante que puede incrementar la producción animal, mejorar la fertilidad del suelo y la calidad del forraje (Jose *et al.*, 2017).

METODOLOGÍA

En el presente documento se empleó la búsqueda de bibliografía científica durante los meses de noviembre 2021 a febrero 2022, en diferentes fases: primeramente se realizó una búsqueda de bibliografía en revistas científicas y bases de datos certificadas de la web, se auxilió de base de datos de Universidades y revista electrónicas, se condicionó la búsqueda únicamente a artículos científicos de los últimos diez años que abordaran temas relacionados al efecto negativo de la ganadería en el ambiente, producción animal, sistemas silvopastoriles, plantas forrajeras y ganadería agroecológica. Una segunda fase consistió en seleccionar la bibliografía mediante un análisis detallado y sintetizado del material bibliográfico consultado, para concretar de manera coherente la temática abordada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Importancia de la agroecología hacia los sistemas ganaderos sostenibles. La agroecología constituye un acercamiento práctico entre la ecología, aplicada al diseño y gestión de los agro sistemas, la protección de los recursos como un elemento de producción de alimentos, bienes y servicios. Esta ofrece las bases científicas y metodológicas para las estrategias de transición hacia la construcción de un nuevo paradigma de desarrollo, hacia sistemas sostenibles de producción (Queiroz, 2016). Autores como Altieri y Nicholls (2017), han realizado numerosos estudios del aporte de esta disciplina científica desde la perspectiva ecológica y considera a los ecosistemas agrícolas como las unidades fundamentales del estudio.

Estudio efectuado por Noguera-Talavera (2019), menciona que actualmente en Nicaragua las prácticas agropecuarias se desarrollan en suelos degradados, con baja productividad por el manejo deficiente y factores climáticos, por lo que se hace necesario la aplicación de métodos que promuevan la incorporación de mayor biodiversidad, resiliencia y elementos para alcanzar la sostenibilidad

ecológica y social. Espacio donde la agroecología recoge la visión de transición hacia una economía amigable con el ambiente desde lo local, a pequeña escala y con la recuperación de prácticas ancestrales que permiten la conservación del ambiente. (González y Alcántara, 2017).

La aplicación de esta disciplina no constituye una receta de tecnologías; constituye el empoderamiento de las familias productoras que aprovechan de manera sostenible los recursos ecológicos, sociales y económicos. Conceptualizando el diseño de agroecosistemas de producción sostenible, aplicando principios agroecológicos en su planeación (Noguera-Talavera, 2019).

El sector ganadero constituye un componente de importancia económica del sector primario que desarrolla la cría y la reproducción de animales domésticos. Estos sistemas ganaderos en Centro América están destinados al doble propósito, como lo menciona Gutiérrez y Mendieta (2018), al aseverar que este tipo de sistema son los predominantes en Nicaragua.

Los sistemas ganaderos en los países en desarrollo tendrán una reducción significativa, debido al cambio climático (Vignola *et al.*, 2015). Para enfrentar estos efectos en la producción ganadera, Murgueitio *et al.* (2019) suscitan la utilización de la agroforestería pecuaria y los sistemas silvopastoriles intensivos. Algunos autores como Silva *et al.* (2017) proponen la rehabilitación optimizada de los pastizales, mediante el establecimiento de árboles y arbustos de importancia en la alimentación del ganado.

Estudio efectuado por Chará *et al.* (2017), mencionan que la demanda de alimentos de origen animal es cada vez mayor, por lo que los sistemas de producción que incorporan árboles para producir biomasa aportan de manera significativa alimento en la dieta de los animales. Murgueitio *et al.* (2016), hacen referencia a la necesidad de intensificar los sistemas silvopastoriles, haciendo relación con la productividad y eficiencia, para alcanzar la sostenibilidad.

Estos mismos autores mencionan que en los sistemas Silvopastoriles se obtienen entre 4.5 y 12 veces mayor cantidad de carne bovina en comparación con los sistemas tradicionales, así mismo, se hace referencia al aporte positivo en la reducción de los gases de efecto invernadero al incrementarse los depósitos de carbono en las plantas y en el suelo.

Los sistemas silvopastoriles como alternativa para una ganadería sostenible. La conjunción de políticas gubernamentales mal enfocadas y el uso de tecnologías de forma irracional generan un acelerado deterioro en los recursos naturales, gran parte de la responsabilidad en este detrimento es atribuida de forma directa a los sistemas de producción animal y es así como Calle *et al.* (2013) concluye que la transformación ambiental de la ganadería es una de las mayores prioridades en América Latina y el Caribe.

La actividad ganadera actualmente demanda grandes cantidades de suelo para el establecimiento de pastura o aprovechamiento de pasturas naturales, actividad asociada con deforestación y altas contribuciones a las emisiones GEI de origen antropogénico -genera el 37 % de metano y 65 % de emisiones de óxido nitroso- donde la sostenibilidad de los sistemas ganaderos es cada vez más preocupante, enfrentando la necesidad de crear ambientes eficientes para la adaptación al cambio climático.

Dentro de los impactos ambientales de la ganadería de mayor relevancia en la actualidad está el efecto en el clima a través de las emisiones de gases de efecto invernadero. La producción animal contribuye en un 18 % del total de emisiones de gases invernadero, debido a las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) por la transformación del uso del suelo, emisiones de metano (CH₄), la fermentación y manejo del estiércol, y emisiones de óxido nitroso (N₂O) (Sejian *et al.*, 2015).

La productividad ganadera, esto es la capacidad de los diferentes factores de producción del sistema, está relacionada con las prácticas técnicas adoptadas o con el nivel tecnológico de la explotación. La agroecología constituye un acercamiento práctico, es por ello que los sistemas silvopastoriles que combinan de forma simultánea árboles o arbustos con plantas herbáceas o volubles y animales domésticos herbívoros, representan una alternativa de producción (Montagnini, 2015).

La producción ganadera requiere detener la degradación del capital natural y social, para generar de forma simultánea, bienes de alta calidad y mantener los servicios ambientales que demanda la sociedad (Alonso, 2011; Aynekulu, 2020 y Rojas-Downing, 2017) y la incorporación de árboles y arbustos forrajeros en arreglos silvopastoriles como practica imprescindible para la producción pecuaria. Chará *et al.* (2017) afirman que los sistemas silvopastoriles son una opción tecnológica viable para el sector ganadero, mejorando los rendimiento y sin causar daños ambientales, por su parte Gallardo *et al.* (2019), mencionan que este tipo de sistema reduce el impacto al ambiente al minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero, y por la incorporación de especies arbustivas y leñosas en las pasturas, diversificando la dieta de los animales y preservando el suelo de la degradación.

Los sistemas silvopastoriles proporcionan contextos diversos que representan hábitats que conservan la biodiversidad, siendo las comunidades de aves las de mayor presencia (Rozo *et al.*, 2021). Por lo cual Williams *et al.*, (2020), divulgaron que estos sistemas constituyen nuevos escenarios o hábitats ante las amenazas del avance del sector agropecuario.

Autores como Baldassini y Paruelo (2020), reportan que este tipo de sistemas ganaderos, reducen la deforestación para establecer pastura al proporcionar forraje a los animales,

esto conlleva a la preservación de los bosques, la diversidad biológica en el suelo y la conservación del recurso hídrico y la diversidad animal.

Los sistemas silvopastoriles, proporcionan refugio a animales silvestre y en especial a la entomofauna presente en el suelo, donde estos organismos realizan diversas funciones siendo el reciclaje de nutrientes el de mayor importancia (Chávez Suárez *et al.*, 2016), otros autores como Gutiérrez *et al.* (2020) y Hernández-Chávez *et al.* (2020) publicaron que los sistemas silvopastoriles conservan la diversidad tanto en la superficie como por debajo del suelo, siendo un indicador de equilibrio ecológico.

Los beneficios de los sistemas silvopastoriles en términos del incremento en el contenido de carbono, la retención de humedad, el reciclaje de nutrientes y la activación de la cobertura vegetal y la diversificación, constituyen una opción para la rehabilitación de los sistemas ganaderos con la incorporación del estrato arbóreo. Estos, además de aumentar la producción de biomasa, generan servicios ambientales de captura de carbono y biodiversidad (Murgueitio *et al.*, 2019).

Estos sistemas son una de las soluciones más innovadoras para dar respuesta al desafío ganadero de producción sustentable. Siendo un conjunto variados de arreglos espontáneos o deliberados en los que interactúan en forma simultánea plantas leñosas perennes (árboles o arbustos), plantas herbáceas o volubles (pastos, leguminosas herbáceas y arvenses) y animales domésticos, llegando a cubrir mayores superficies, con menor inversión de capital y tiempo, donde muchas especies son dispersadas por los mismos animales (Murgueitio *et al.*, 2015).

Especies empleadas en los sistemas silvopastoriles.

Existen diversas familias botánicas, que son empleadas en la alimentación animal, siendo las leguminosas la principal familia utilizada, debido a su alto contenido de proteína y alta digestibilidad que incrementan el consumo, esto conlleva a reducir las emisiones de metano entre un 15 % y 30 %, dependiendo de la composición y cantidad de alimento suministrado. Las especies de árboles más utilizadas en estos sistemas son *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth, *Albizia lebbek* (L.) Benth. (Milera *et al.*, 2014).

Se han efectuados diferentes estudios con especies forrajeras sobre sus características agronómicas y nutricionales, así como, su impacto en la producción animal y adaptación a los cambios climáticos (Mejía-Díaz *et al.*, 2017).

Aspectos positivos de los sistemas silvopastoriles. Los sistemas silvopastoriles, son considerados como sistemas plásticos por su capacidad de modificar estructuralmente de forma directa la realidad, de acuerdo a Améndola *et al.*

(2016), Améndola *et al.* (2018) y Mancera *et al.* (2018), estos sistemas contribuyen al bienestar de los animales, al reciclaje de nutrientes y el incremento de la biota presente en el suelo (Palma y Anguiano, 2015), debido a la incorporación de biomasa al suelo. Murgueitio *et al.* (2019) indican que mejoran el confort de los animales y la incorporación de materia orgánica al suelo, contribuyen a mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo, así como la retención de humedad e incremento de la su biota.

Chávez *et al.* (2018) hacen mención que el incremento de la diversidad biológica en el suelo se ve favorecido con la incorporación de árboles y arbusto en las áreas de pastos, Cabrera *et al.* (2017) indican que, con el incremento de la diversidad, también se da el incremento de la funcionalidad y complejidad de las relaciones interespecífica, lo que conlleva al aumento de la productividad del sistema ganadero, en términos económicos y ambientales.

Estudio realizado por Díaz *et al.* (2014), demostraron que los sistemas ganaderos, pueden alcanzar la sostenibilidad al incorporar tecnologías bajas en insumos y un buen manejo de gramíneas, leguminosas y combinación de ambas en sistemas silvopastoriles, contribuyendo a mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo, así como la relación planta-animal.

Chará *et al.* (2017) y Calle *et al.* (2017) mencionan que la ganadería sostenible es una opción alcanzable si se sustenta en procesos ecológicos, permitiendo la rehabilitación de los ecosistemas degradados y brindando servicios ambientales para preservar la biodiversidad y la regulación del ciclo hidrológico.

Aporte de los sistemas silvopastoriles hacia una productividad sustentable.

Los sistemas silvopastoriles además de brindar bienestar y alimento a los animales, en términos de productividad, reduce en 4 °C en comparación a los sistemas tradicionales: esto reduce el consumo de agua y pérdida de energía por parte de los animales (Améndola *et al.*, 2016). Estudio realizado por Rivera *et al.* (2016), al incluir *Leucaena leucocephala*, se reduce la huella de carbono de la carne y leche hasta en un 12 %, en relación con un sistema intensivo, de igual manera Harrison *et al.* (2015), expresan que las emisiones de gases de efecto invernaderos son inferiores cuando se emplean sistemas silvopastoriles.

En lo referente a la oferta de agua de calidad y cantidad Murgueitio *et al.* (2015), señalan que la carga animal se puede incrementar hasta cuatro veces en sistemas silvopastoriles con respecto a los tradicionales cuando se combina con suplementos minerales; también Murgueitio (2017) plantea que estos sistemas alimentan a los animales durante la época crítica, al ofertar forraje de calidad en las cantidades requerida, brindándoles una mejor nutrición al ganado; en este tipo de sistema se incrementa la producción

CIENCIA ANIMAL

de leche, lo que contribuye a mejorar la calidad de vida de las familias.

Sistemas silvopastoriles y mitigación al cambio climático.

La relación del cambio climático con la ganadería es considerada una constante amenaza, debido a la liberación de gases de efecto invernadero a la atmósfera, principalmente metano, producto de la excreta de los animales. La búsqueda de prácticas que reduzcan dichas emisiones y preserven los recursos naturales son fundamentales.

Jiménez *et al.* (2019) afirman que los sistemas silvopastoriles reducen estas emisiones al incorporar Fabáceas en la alimentación animal. Estos mismos autores mencionan que al diversificar la dieta se incrementa la productividad y rentabilidad, por lo que no se incrementan las áreas de producción y se preserva el ambiente.

El manejo sostenible de los sistemas productivos, la protección de los ecosistemas, la restauración ecológica, la educación ambiental, el rescate de los saberes tradicionales y el trabajo articulado entre organizaciones, instituciones y comunidades, son acciones estratégicas que según Gutierrez *et al.* (2020) promueven la conservación de la biodiversidad en el sector ganadero.

Las emisiones de metano producto de la alimentación animal se reduce al suministrar forrajes y frutos tropicales, al analizar estudios efectuado por Castelán *et al.* (2014) y Ku-Vera *et al.* (2016) en cámara respiratoria determinaron que las emisiones de metano se reducen cuando se emplean estos alimentos en la dieta de los animales. Esto lo confirma Jiménez-Ruiz. (2019), quien comprobó que los efectos negativos de la ganadería ante el cambio climático se reducen cuando se emplean sistemas Silvopastoriles.

Pineiro-Vázquez *et al.* (2017), publicaron que la incorporación de materia seca de forraje de arbustivas forrajeras en la dieta de los animales reduce las emisiones de CO2 hasta en 87.6 kilogramos para producir un kilogramo de carne, mejorando la nutrición y salud del ganado.

La sostenibilidad de los sistemas ganaderos y reducción de los efectos negativos en el clima se podría alcanzar al sustituir el modelo productivo tradicional por sistemas Silvopastoriles manejados de manera inteligente al incorporar árboles y arbustos de alto valor nutricional para el ganado, mejorando la productividad en términos generales del sistema (Murgueitio, 2017; Chará *et al.*, 2017).

El sector ganadero tradicional está fundamentado en el establecimiento de pastura que demanda uso de fertilizantes, debido al elevado consumo de forraje fresco rico en proteínas, en cambio los sistemas silvopastoriles con especies forrajeras fijadoras de nitrógeno, reducen estas demandas y disminuyen la contaminación ambiental, así como los costos de producción en los sistemas ganaderos.

CONCLUSIÓN

Los sistemas silvopastoriles tienen un impacto positivo en la producción, calidad del forraje destinado a la alimentación animal y en la reducción del daño ambiental causado por la actividad ganadera. Así mismo, la implementación de estos sistemas permite el incremento de la carga animal por área y el rendimiento en carne y leche por hectárea, incluso, proporciona un ambiente propicio para mejorar la biota edáfica y fauna asociada al sistema, constituyéndose en una opción recomendable para el productor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alders, R. G., Campbell, A., Costa, R., Guèye, E. F., Hoque, M. A., Perezgrovas-Garza, R., Rota, A., & Wingett, K. (2021). Livestock across the world: diverse animal species with complex roles in human societies and ecosystem services. *Animal Frontiers*, 11(5), 20–29. <https://doi.org/10.1093/af/vfab047>

Alonso, J. (2011). Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45(2), 107-115. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193022245001.pdf>

Altieri, M. A. & Nicholls, C. I. (2017). Agroecology: a brief account of its origins and currents of thought in Latin America. *Agroecol. Sustain. Food Syst*, 41(3-4), 231-237. <https://doi.org/10.1080/21683565.2017.1287147>

Améndola, L., Solorio, F. J., Ku-Vera, J. C., Améndola-Massioti, R. D., Zarza, H. & Galindo, F. (2016). Social behaviour of cattle in tropical silvopastoral and monoculture systems. *Animal*, 10(5), 863-867. <https://doi.org/10.1017/s1751731115002475>

Améndola, L., Solorio, F. J., Ku-Vera, J., Améndola-Massioti, R. D., Zarza, H., Mancera, K. F., & Galindo, F. (2018). A pilot study on the foraging behaviour of heifers in intensive silvopastoral and monoculture systems in the tropics. *Animal*, 13(3), 606-616. <https://doi.org/10.1017/s1751731118001532>

Aynekulu, E., Suber, M., Van Noordwijk, M., Arango, J., Roshetko, J. M., & Rosenstock, T. S. (2020). Carbon Storage Potential of Silvopastoral Systems of Colombia. *Land*, 9(9), 309. <https://doi.org/10.3390/land9090309>

Baldassini, P. y Paruelo, J. M. (2020). Sistemas agrícolas y silvopastoriles en el Chaco Semiárido. Impacto sobre la productividad primaria. *Ecología Austral*, 30(1), 45-62. <https://doi.org/10.25260/EA.20.30.1.0.961>

Cabrera, G., Socarrás, A., Hernández, G., Ponce de León, D., Menéndez, Y. y Sánchez, J. (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. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=1948>

- Calle, Z., Giraldo, A. M., Cardozo, A., Galindo, A., & Murgueitio, E. (2017). Enhancing biodiversity in neotropical silvopastoral systems: use of indigenous trees and palms. En F. Montagnini (Ed.), *Integrating landscapes: agroforestry for biodiversity conservation and food sovereignty* (pp. 417-438). Springer.
- Calle, Z., Murgueitio, E., Chará, J., Molina, C. H., Zuluaga, A. F., & Calle, A. (2013). A Strategy for Scaling Up Intensive Silvopastoral Systems in Colombia. *Journal of Sustainable Forestry*, 32(7), 677-693. <https://doi.org/10.1080/10549811.2013.817338>
- Castelán-Ortega, O. A., Ku-Vera, J. C. & Estrada-Flores, J. (2014). Modeling methane emissions and methane inventories for cattle production systems in Mexico. *Atmósfera*, 27(2), 185-191. <https://www.revistascca.unam.mx/atm/index.php/atm/article/view/45525>
- Chará, J., Rivera, J., Barahona, R., Murgueitio, E., Deblitz, C., Reyes, E., Martins, R., Molina, J., Flores, M., & Zuluaga, A. (2017). Intensive silvopastoral systems: economics and contribution to climate change mitigation and public policies. En F. Montagnini (Ed.), *Integrating landscapes: Agroforestry for biodiversity conservation and food sovereignty* (pp. 395-416). Springer.
- Chávez Suárez, L., Labrada Hernández, Y. y Álvarez Fonseca, A. (2016). Macrofauna del suelo en ecosistemas ganaderos de montaña en Guisa, Granma, Cuba. *Pastos y Forrajes*, 39(3), 111-115. http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v39n3/en_pyf05316.pdf
- Chávez Suárez, L., Labrada, Y., Rodríguez García, I., Álvarez Fonseca, A., Bruqueta Yero, D. y Licea Castro, L. (2018). Caracterización de la macrofauna edáfica en un pastizal de la provincia Granma. *Centro Agrícola*, 45(4), 43-48
- Delgado, G. R., Echevarría, M., Trillo, F., Hidalgo, V., Aguirre, L., Robles, R. y Núñez, J. (2020). Efecto del faique (*Acacia macracantha*) sobre el valor nutricional del pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) en un sistema silvopastoril. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(1), e17562. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/veterinaria/article/view/17562/14806>
- Díaz-Porres, M., Macarena, H., Duhour, A. E. y Momo, F. R. (2014). Artrópodos del suelo: relaciones entre la composición faunística y la intensificación agropecuaria. *Ecología Austral*, 24(3), 327-334
- Escobar, A. C., Filella, J. B. y González, N. A. (2017). Estudio comparativo macrofauna del suelo en sistema agroforestal, potrero tradicional y bosque latifoliado en microcuenca del trópico seco, Tomabú, Nicaragua. *Revista Científica de FAREM-Esteli*, (22), 39-49. <https://doi.org/10.5377/farem.v0i22.4520>
- Gallardo, C. A., Vargas, L. S., Bustamante, G. A., Nahed, T. J., Ramírez, B. E. y Casiano, V.M.A. (2019). Riesgos climáticos y modos de vida de las familias productoras de ganado bovino en la Costa Chica, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, (22), 169-178. <https://www.revista.cba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/2650/1229>
- González, G. C. y Alcántara, H. T. R. (2017). Agroecología y sustentabilidad. Hacia una economía verde. *Administración y Organizaciones*, 19(37), 35-54.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2018). Informe especial del IPCC sobre los impactos de un calentamiento global de 1, 5° C y las sendas de emisión relacionadas. https://josechuferreras.files.wordpress.com/2019/02/ipcc_informe_especial_15pdf_tcm30-485656.pdf
- Gutiérrez-Bermúdez, C. C., Mendieta-Araica, B. G. y Noguera-Talavera, Á. J. (2020). Composición trófica de la macrofauna edáfica en sistemas ganaderos en el Corredor Seco de Nicaragua. *Pastos y Forrajes*, 43(1), 32-40. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=2102>
- Harrison, M. T., McSweeney, C., Tomkins, N. W., & Eckard, R. J. (2015). Improving greenhouse gas emissions intensities of subtropical and tropical beef farming systems using *Leucaena leucocephala*. *Agricultural Systems*, (136), 138-146. <http://doi.org/10.1016/j.agry.2015.03.003>
- Hernández-Chávez, M. B., Ramírez-Suárez, W. M., Zurita-Rodríguez, A. A. y Boulandier, M. N. (2020). Biodiversidad y abundancia de la macrofauna edáfica en dos sistemas ganaderos en Sancti Spiritus, Cuba. *Pastos y Forrajes*, 43(1), 18-25. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=2109>
- Jiménez Ruíz, E. R., Fonseca González, W. y 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. <https://lagranja.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/29.2019.04/3132>
- Jose, S., Walter, D. & Mohan, K. (2017). Ecological considerations in sustainable silvopasture design and management. *Agroforestry Systems*, 93(1), 317-331. <https://doi.org/10.1007/s10457-016-0065-2>
- Ku-Vera, J. C., Piñeiro Vázquez, A. T., Canul Solís, J. R., Albores Moreno, S., González Muñoz, J. C., Lazos Balbuena, F., Ayala Burgos, A. J., Aguilar Pérez, C. F. y Solorio Sánchez, F. J. (2016). Mitigación de las emisiones de metano entérico en rumiantes alimentados con follaje y frutos de árboles y arbustos tropicales.
- López, O., Lamela, L., Montejo, I. L. y Sánchez, T. (2015). Influencia de la suplementación con concentrado en la producción de leche de vacas Holstein x Cebú en silvopastoreo. *Pastos y Forrajes*, 38(1), 46-54. <https://www.redalyc.org/pdf/2691/269138824005.pdf>
- Mancera, K., Zarza, H., López de Buen, L., Carrasco, A. Montiel, F. & Galindo, F. (2018). Integrating links between tree coverage and cattle welfare in silvopastoral systems evaluation. *Agronomy for Sustainable Development*, (38), <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0497-3>
- Mejía-Díaz, E., Mahecha-Ledezma, L. y Angulo-Arizala, J. (2017). *Tithoniadiversifolia*: especie para ramoneo en sistemas silvopastoriles y métodos para estimar su consumo. *Agronomía Mesomericana*, 28(1), 289-302. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.22673>
- Milera, M., López, O. y Alonso, O. (2014). Principios generados a partir de la evolución del manejo en pastoreo para la producción de leche bovina en Cuba. *Pastos y Forrajes*, 37(4), 382-391. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=1813>

CIENCIA ANIMAL

- Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H. y Eibl, B. (2015). Sistemas agroforestales funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. CIPAV; CATIE. https://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/11554/7124/1/Sistemas_Agroforestales.pdf
- Moscoco, J. E., Franco, F., San Martín, F., Olazábal, J., Chino, L. B. y Pinares-Patiño, C. (2017). Producción de metano en vacunos al pastoreo suplementados con ensilado, concentrado y taninos en el Altiplano Peruano en época seca. *Revista de investigaciones veterinarias del Perú*, 28(4), 822-833. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/veterinaria/article/view/13887>
- Murgueitio, E. (2017). El mundo pide una ganadería amiga de la naturaleza y de la gente. *Angus & Brangus de Colombia*, (14), 15-18.
- Murgueitio, E., Chará, J., Barahona, R., & Rivera, J. E. (2019). Development of sustainable cattle rearing in silvopastoral systems in Latin America. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 53(1), 65-71. <http://scielo.sld.cu/pdf/cjas/v53n1/2079-3480-cjas-53-01-65.pdf>
- Murgueitio, E., Flores, M., Calle, Z., Chará, J., Barahona, R., Molina, C. H. y Uribe, F. (2015). Productividad en sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina. En F. Montagnini, E. Somarriba, E. Murgueitio, H. Fassola y B. Eibl (Eds.), *Sistemas Agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales* (pp. 59-101). https://www.researchgate.net/profile/Rolando-Barahona-Rosales-2/publication/277014127_PRODUCTIVIDAD_EN_SISTEMAS_SILVOPASTORILES_INTENSIVOS_EN_AMERICA_LATINA/links/555eb63008ae8c0cab2c7915/PRODUCTIVIDAD-EN-SISTEMAS-SILVOPASTORILES-INTENSIVOS-EN-AMERICA-LATINA.pdf
- Murgueitio, E., Barahona, R., Flores, M., Chará, J. y Rivera, J. E. (2016). Es posible enfrentar el cambio climático y producir más leche y carne con sistemas silvopastoriles intensivos. *Ceiba*, 54(1), 23-30. <https://doi.org/10.5377/ceiba.v54i1.2774>
- Noguera-Talavera, Á., Salmerón, F. y Reyes-Sánchez, N. (2019). Bases teórico-metodológicas para el diseño de sistemas agroecológicos. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Cuyo*, 51(1), 273-293. <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/RFCA/article/view/2451>
- Oliva, M., Collazos, R., Vásquez, H., Rubio, H. y Maicelo, J. (2019). Composición florística de especies herbáceas forrajeras en praderas naturales de las principales microcuencas ganaderas de la región Amazonas. *Scientia Agropecuaria*, 10(1), 109-117. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.01.12>
- Palma, J. M. y Anguiano, J. M. (2015). Sistemas silvopastoriles en el mejoramiento de los sistemas de producción bovina en ganadería de doble propósito en México.
- Pineiro-Vázquez, A. T., Canul-Solis, J. R., Alayon-Gamboa, J. A., ChayCanul, A. J., Ayala-Burgos, A. J., Solorio-Sanchez, F. J., Aguilar-Perez, C. F., & Ku-Vera, J. C. (2017). Energy utilization, nitrogen balance and microbial protein supply in cattle fed *Pennisetum purpureum* and condensed tannins. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, (101), 159-169.
- Queiroz, E. F. de. (2016). Construyendo a competitividad e a sustentabilidade nos cenários reais da agropecuária brasileira. *Pesq. Agropec. Bras.* 51(9). <https://doi.org/10.1590/S0100-204X20160009000ii>
- Rivera, J. E., Chará, J. y Barahona, R. (2016). Análisis del ciclo de vida para la producción de leche bovina en un sistema silvopastoril intensivo y un sistema convencional en Colombia. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 19(3), 237-251.
- Rojas-Downing, M. M., Pouyan Nejadhashemi, A., Harrigan, T., & Woznicki, S. (2017). Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management*, 16, 145-163.
- Rozo, A. M., Lizcano, D. J., Arango, S. M., Suarez, Á. V., Daza, E. Á. y Acevedo-Charry, O. (2021). Diferencias en paisajes sonoros de sistemas silvopastoriles y potreros tradicionales del piedemonte llanero, Meta, Colombia. *Biota colombiana*, 22(1), 74-95. <https://doi.org/10.21068/c2021.v22n01a05>
- Sejian, V., Gaughan, J., Baumgar, L., & Prasad, C. (2015). *Climate Change Impact on Livestock: Adaptation and Mitigation*. Springer
- Silva, R. de O., Barioni, L. G., Julian Hall, J. A., Moretti, A. C., Fonseca-Veloso, R., Alexander, P., Crespolini, M., & Moran, D. (2017). Sustainable intensification of Brazilian livestock production through optimized pasture restoration. *Agricultural Systems*, 153, 201-211. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.02.001>
- Vignola, R., Harvey, C. A., Bautista-Solis, P., Avelino, J., Rapidela, B., Donatti, C., & Martinez, R. (2015). Ecosystem-based adaptation for smallholder farmers: definitions, opportunities and constraints. *Agric. Ecosyst. Environment*, 21, 126-132. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.05.013>
- Williams, B. A., Grantham, H. S., Watson, J. E. M., Alvarez, S. J., Simmonds, J. S., Rogéliz, C. A., Da Silva, M., Forero-Medina, G., Etter, A., & Nogales, J. (2020). Minimising the loss of biodiversity and ecosystem services in an intact landscape under risk of rapid agricultural development. *Environmental Research Letters*, 15(1). <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab5ff7>