

SOSTENIBILIDAD PRODUCTIVA Y ACCESIBILIDAD VIAL EN SISTEMAS SILVOPASTORILES CON PASTOS CULTIVADOS EN MANABÍ

PRODUCTIVE SUSTAINABILITY AND ROAD ACCESSIBILITY OF SILVOPASTORAL SYSTEMS WITH CULTIVATED PASTURES IN MANABÍ

Iván González-Puetate ^{1*}

¹ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Guayaquil, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9930-0617>. Correo: ivan.gonzalezp@ug.edu.ec

Marcia Morocho-Rodríguez ²

² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Guayaquil, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5756-4130>. Correo: marcia.morochor@ug.edu.ec

Carla Álvarez-Guillén³

³ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Guayaquil, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4977-6838>. Correo: carla.alvarezg@ug.edu.ec

Evelyn Cervantes-Cevallos⁴

⁴ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Guayaquil, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2956-8455>. Correo: evelyn.cervantesc@ug.edu.ec

* Autor para correspondencia: ivan.gonzalezp@ug.edu.ec

Resumen

El estudio evaluó la accesibilidad vial de sistemas silvopastoriles con pastos cultivados en la provincia de Manabí, con el propósito de relacionar la distancia de estas áreas a la red vial principal con la logística de nutrición animal y la sostenibilidad productiva. Para ello, se utilizó un análisis espacial en ArcGIS, mediante el cual se identificaron y delimitaron los polígonos de pastos cultivados y sistemas silvopastoriles, así como su proximidad a las vías principales. Los resultados evidenciaron que el 45 % de los bloques de pastos se ubicaron dentro de los primeros 4 km, mostrando una distribución decreciente a mayor distancia, aunque con

presencia significativa aún más allá de los 7 km. Este patrón confirmó que la accesibilidad vial constituye un factor clave para la ubicación de áreas productivas, pero también que influyen condiciones agroecológicas y la naturaleza extensiva de la ganadería. En conclusión, fortalecer la conectividad vial y promover tecnologías adaptativas en zonas alejadas resulta fundamental para consolidar sistemas ganaderos sostenibles, competitivos y resilientes.

Palabras clave: accesibilidad vial; sistemas silvopastoriles; pastos cultivados; nutrición animal; sostenibilidad

Abstract

The study evaluated the road accessibility of silvopastoral systems with cultivated pastures in the province of Manabí, aiming to relate the distance of these areas to the main road network with animal nutrition logistics and productive sustainability. Spatial analysis in ArcGIS was applied to identify and delimit polygons of cultivated pastures and silvopastoral systems, as well as their proximity to main roads. Results showed that 45% of pasture blocks were located within the first 4 km, with a decreasing distribution as distance increased, although a significant presence remained beyond 7 km. This pattern confirmed that road accessibility was a key factor for the location of productive areas, but agroecological conditions and the extensive nature of livestock production also influenced their distribution. In conclusion, strengthening road connectivity and promoting adaptive management technologies in remote areas is essential to consolidate sustainable, competitive, and resilient livestock systems.

Keywords: road accessibility; silvopastoral systems; cultivated pastures; animal nutrition; sustainability

Fecha de recibido: 12/05/2025

Fecha de aceptado: 18/08/2025

Fecha de publicado: 28/08/2025

Introducción

La alimentación constituye uno de los pilares fundamentales en la producción bovina, pues determina el crecimiento, la salud y la productividad de los animales. No obstante, no basta con disponer de forraje o suplementos adecuados; resulta igualmente esencial conocer y planificar el sitio de alimentación. Este aspecto adquiere relevancia porque el lugar donde los bovinos acceden al alimento condiciona su comportamiento, su bienestar y la eficiencia en el aprovechamiento de los nutrientes (Hernández et al., 2020). En este sentido, factores como la ubicación, el diseño y el acceso al área de suministro influyen directamente en la competitividad entre animales, en la uniformidad de la dieta y en la reducción de pérdidas por desperdicio de forraje.

Asimismo, en los sistemas de producción sostenibles, el sitio de alimentación no solo debe responder a criterios de disponibilidad nutricional, sino también a estrategias que optimicen la eficiencia de conversión y reduzcan los impactos ambientales. En particular, la incorporación de prácticas como la alimentación de precisión, el uso de forrajes bioactivos o los sistemas silvopastoriles exige espacios organizados que permitan un acceso equitativo a los recursos y un manejo eficiente de los subproductos (Papadopoulos et al., 2025; Giamouri et al., 2023). De igual forma, la adecuada planificación del sitio de alimentación facilita el control sanitario, disminuye el estrés animal y contribuye a la reducción de emisiones de metano, considerado uno de los principales retos ambientales de la ganadería moderna (Vargas-Ortiz et al., 2022).

En el caso del Ecuador, la provincia de Manabí concentra uno de los mayores inventarios ganaderos del país, aportando aproximadamente el 25 % del hato bovino nacional, lo que representa cerca de 1,4 millones de cabezas de ganado (MAG, 2020). Por ello, esta provincia se constituye en un eje estratégico para la producción de leche y carne bovina, destacándose por sus sistemas de doble propósito que abastecen tanto al consumo interno como a la industria láctea regional.

Finalmente, el acceso eficiente al alimento y la salida oportuna de animales hacia los mercados se consolidan como factores determinantes para mejorar la productividad pecuaria en Manabí. En consecuencia, la planificación de vías de acceso y sitios de alimentación permite optimizar la logística, reducir pérdidas, garantizar el bienestar animal y fortalecer la competitividad local. En este marco, el objetivo es evaluar la accesibilidad vial de los sistemas silvopastoriles con pastos cultivados en la provincia de Manabí, mediante análisis espacial en ArcGIS, identificando su disponibilidad y características de acceso con el fin de relacionar su distancia a la red vial principal con la logística de nutrición animal y la sostenibilidad productiva, promoviendo sistemas ganaderos más competitivos y resilientes.

Materiales y métodos

El análisis se realizó utilizando las herramientas del entorno de ArcGIS (ArcMap) utilizando un mapa base de cantones del Ecuador en proyección UTM Zona 17S (datum WGS 84). A partir de esta capa vectorial de provincial del Ecuador, se extrajo mediante selección por atributos el polígono correspondiente a la provincia de Manabí, el cual sirvió como área de estudio para las posteriores etapas de procesamiento espacial. (Figura 1).

Para el análisis de cobertura del suelo, se utilizó como base el mapa nacional de uso y cobertura vegetal del año 2020, elaborado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Este producto cartográfico emplea un sistema jerárquico de clasificación con cinco niveles (Nivel 1 a Nivel 5), lo que permitió identificar y extraer específicamente las áreas de pastos cultivados y sistemas silvopastoriles correspondientes a la provincia de Manabí.

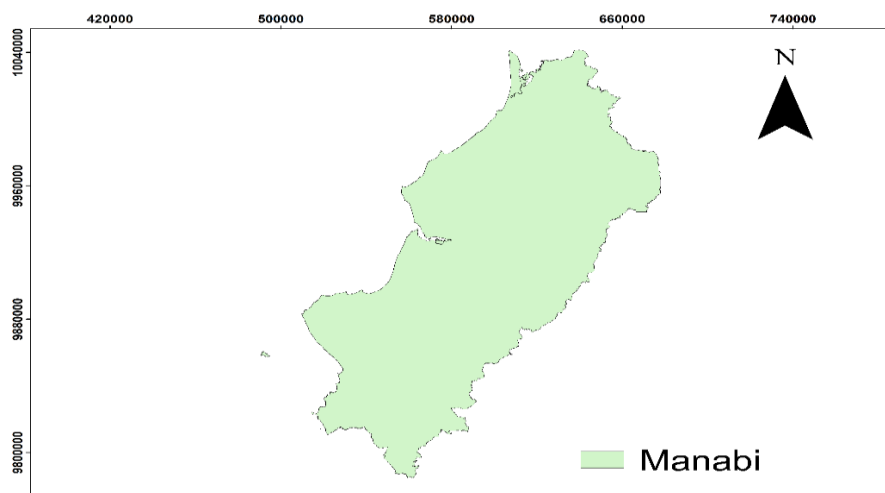


Figura 1. Provincia de Manabí.

La capa de Manabí se extrajo mediante selección por atributos, lo que garantizó la precisión en la delimitación de las áreas de interés para el estudio de accesibilidad vial en sistemas ganaderos (Figura 2).

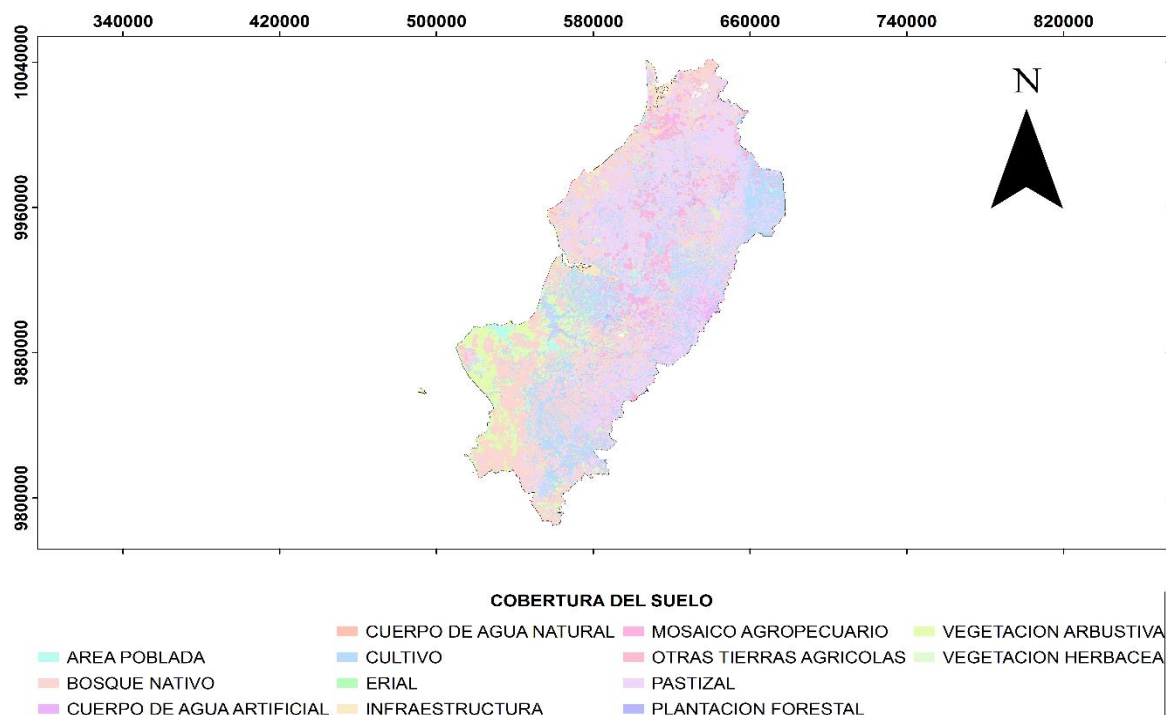


Figura 2. Cobertura del suelo utilizada por el tipo de cultivo según el nivel dos de clasificación de la provincia de Manabí

Para el análisis específico de sistemas de pastos cultivados, se procesó el mapa de uso y cobertura del suelo mediante la herramienta Select by Attributes de ArcGIS. Se seleccionaron exclusivamente los polígonos clasificados como pastizales (Nivel 3, ver Figura 3), que se encontraban dentro de los límites de la provincia de Manabí, lo que permitió delimitar espacialmente las áreas de interés para el estudio. Adicionalmente, se filtraron aquellos polígonos correspondientes a sistemas silvopastoriles mediante consultas específicas a la base de datos de cobertura vegetal, garantizando así la identificación precisa de estas áreas productivas.

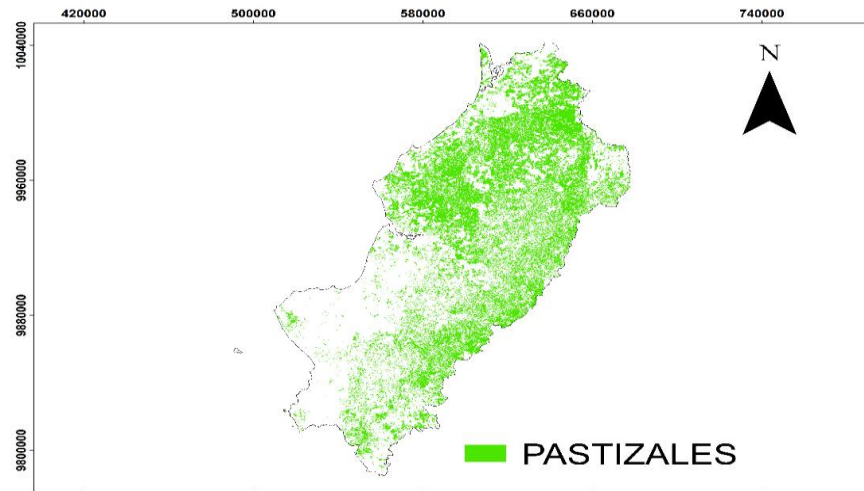


Figura 3. Ubicación de las parcelas de pastos cultivados en la provincia de Manabí.

En la siguiente fase del análisis, se procesó la red vial principal del Ecuador mediante un recorte espacial (clip) utilizando el límite de la provincia de Manabí como área de corte. Este procedimiento permitió aislar únicamente los segmentos viales que interceptan el territorio de estudio.

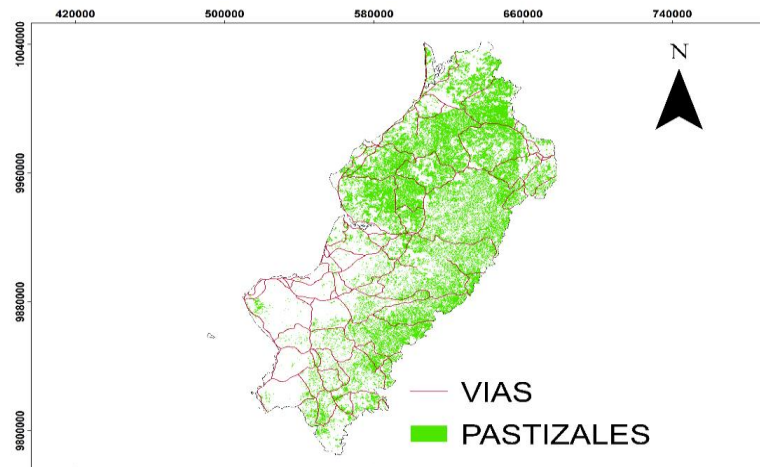


Figura 4. Red vial de la provincia de Manabí.

Posteriormente, se determinó la distancia mínima entre cada parcela de pastizales y la vía principal más cercana empleando la herramienta Near (Analysis Tools > Proximity > Near).

Resultados y discusión

Análisis y representación de resultados

Los datos presentados en Figura 5 se muestra la distribución de las parcelas de pastos cultivados en la provincia de Manabí en función de su distancia a la red vial principal, agrupadas en intervalos de 1 km. Se observa una clara tendencia decreciente en el número de parcelas a medida que aumenta la distancia a las vías y un aumento pasando de los 7 km de distancia.

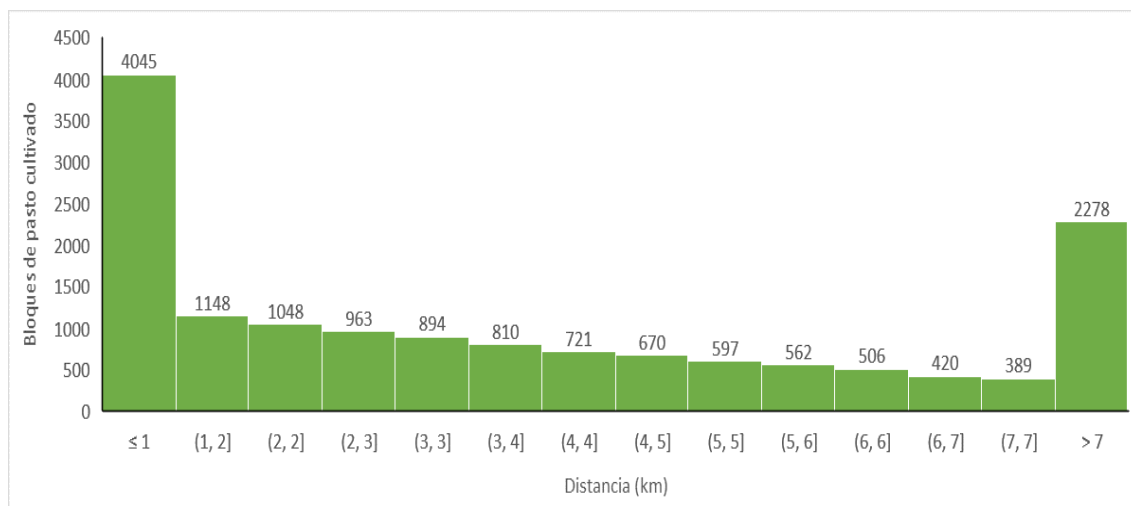


Figura 5. Frecuencia de parcelas de pasto cultivado por intervalos de distancia a vías principales en la provincia de Manabí.

El análisis de los datos revela una distribución gradualmente decreciente de los bloques de pastos cultivados a medida que aumenta la distancia desde las vías principales. Se observa que la mayor concentración de áreas de pastoreo (1,148 bloques) se encuentra en el intervalo más cercano (1-2 km), representando aproximadamente el 17% del total analizado. Esta densidad va disminuyendo progresivamente en los rangos subsiguientes: 1,048 bloques (2-3 km), 963 bloques (3-4 km) y 894 bloques (4-5 km), mostrando una reducción constante pero no abrupta en la disponibilidad de pastizales conforme se alejan de la red vial.

Un aspecto destacable es que incluso en distancias mayores a 7 km, se mantiene una presencia significativa de bloques de pastos (506 a 389 unidades), lo que sugiere que, aunque la accesibilidad vial influye en la distribución, existen otros factores determinantes para el establecimiento de estas áreas productivas. Esta persistencia podría estar asociada a:

- La disponibilidad de tierras con características edafoclimáticas adecuadas
- La implementación de sistemas de producción extensivos

- La existencia de vías secundarias no consideradas en el análisis

Los resultados demuestran un patrón de distribución espacial donde la densidad de pastos cultivados disminuye progresivamente con la distancia a las vías principales, pero mantiene una presencia significativa incluso en zonas alejadas (más de 7 km). Esta distribución contrasta con lo observado en cultivos intensivos, donde la disminución suele ser más abrupta, y sugiere que los sistemas ganaderos en Manabí presentan mayor flexibilidad en su localización. La persistencia de pastizales en distancias mayores podría explicarse por: (1) la naturaleza extensiva de la ganadería que requiere mayores superficies, (2) la disponibilidad de recursos hídricos y forrajeros en zonas menos accesibles, y (3) el desarrollo histórico de la actividad ganadera en áreas con limitada infraestructura vial. Sin embargo, la marcada concentración inicial (45% en los primeros 4 km) confirma que la accesibilidad sigue siendo un factor determinante para la ubicación óptima de pastos cultivados (Chen & Lin 2024; Mao & Ren, 2025; Zhou, et al., 2023).

Estos hallazgos coinciden con investigaciones realizadas en sistemas ganaderos de Costa Rica y Colombia, donde se ha documentado una relación estrecha entre la distancia a las vías de acceso y la distribución de los pastizales. En este sentido, la identificación de un patrón mixto —con centros de alta densidad cercanos a las vías principales, pero también con presencia sostenida en zonas remotas— plantea importantes implicaciones para la planificación territorial. Por un lado, evidencia la necesidad de diseñar estrategias diferenciadas de desarrollo vial que fortalezcan las áreas de alta producción; por otro, resalta la importancia de atender aquellas zonas con potencial de intensificación sostenible. De esta manera, los resultados constituyen una base técnica para orientar políticas públicas hacia una ganadería más resiliente, equilibrando la conectividad con la conservación de recursos, en línea con lo reportado en contextos similares (Chen et al., 2024; Zhou et al., 2023).

En paralelo, la alimentación basada en pastos cultivados dentro de sistemas silvopastoriles se erige como un pilar estratégico para el fortalecimiento de la producción bovina, ya que asegura el acceso a forraje nutritivo, promueve la sostenibilidad y contribuye al bienestar animal mediante la expresión de comportamientos naturales y la reducción del estrés (Cedeño Reyes et al., 2024; Lapo-Bonilla et al., 2025; Pinela Castro et al., 2025). Asimismo, este enfoque incrementa la eficiencia productiva y refuerza la resiliencia de los sistemas ganaderos al disminuir la dependencia de insumos externos. No obstante, investigaciones recientes han advertido la presencia de microplásticos en heces de rumiantes y en agroecosistemas, lo que representa un riesgo emergente tanto para la salud animal como para la inocuidad de los alimentos (González-Puetate et al., 2024; Pinela Castro, González-Puetate, & Valle-Mieles, 2025). En consecuencia, la evaluación de la accesibilidad vial hacia los terrenos con pastos cultivados en la provincia de Manabí adquiere una relevancia particular, ya que una adecuada conectividad con la red vial principal no solo optimiza la logística de la nutrición animal, sino que también garantiza el aprovechamiento de forrajes limpios y de calidad, integrando de manera coherente sostenibilidad, productividad y bienestar animal.

Conclusiones

El estudio evidencia que los sistemas de pastos cultivados en Manabí presentan una distribución espacial caracterizada por una alta concentración cerca de las vías principales (45% dentro de los primeros 4 km) y una presencia sostenida en zonas distantes (>7 km), reflejando la dualidad entre accesibilidad vial y factores agroecológicos.

Estos hallazgos resaltan la necesidad de implementar estrategias diferenciadas de planificación territorial que: (1) optimicen la infraestructura vial en áreas de alta densidad ganadera para mejorar la logística de nutrición animal, y (2) promuevan tecnologías de manejo adaptativo en zonas alejadas, donde persisten sistemas extensivos y silvopastoriles.

Referencias

- Cedeño Reyes, P. P., Dillon Abarca, M. D., Sauhing Alarcón, C. S., Rodríguez Rocohano, D. L., Soriano Rodríguez, G. A., Acosta, J. M., & González-Puetate, I. (2024). Mombaza (*Panicum maximum*), aplicación de varios niveles de gallinaza en pasto de corte tropical. *Latam: revista latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 5(5), 1–15.
- Chen, S., Wang, X., & Lin, Q. (2024). Spatial pattern characteristics and influencing factors of mountainous rural settlements in metropolitan fringe area: A case study of Pingnan County, Fujian Province. *Heliyon*, 10, e26606.
- Giamouri, E., Mitsiopoulou, C., Dots, D., & Tsiplakou, E. (2023). Nutritional strategies to improve ruminant production and environmental sustainability. *Animals*, 13(2), 345.
- González-Puetate, I. R., Martínez Cepeda, G. E., Torres Lasso, P., Chávez Toledo, K. N., & Guevara Enrique, G. (2024). Microplásticos en materia fecal de rumiantes en Ecuador. *Ciencia Veterinaria*, 26(2), 114–129.
- Hernández, J., Ramírez, D., & López, A. (2020). Manejo de sitios de alimentación y su impacto en el bienestar animal. *Revista de Producción Animal*, 32(1), 55–64.
- Lapo-Bonilla, A., Amón-Loor, N., Fajardo Desiderio, L., & González-Puetate, I. (2025). Bienestar animal en grandes especies: un enfoque integral para la productividad y sostenibilidad ganadera en el siglo XXI. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria Pentacencias*, 7(3), 417–423.
- Mao, R., Xiao, J., & Ren, P. (2025). Spatiotemporal evolution and suitability evaluation of rural settlements in the typical mountainous area of the Upper Minjiang River: A case study of Lixian County, Sichuan Province, China. *Sustainability*, 17(7), 2902.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería – MAG. (2020). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC)*. Quito, Ecuador. Disponible en archivos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).

- Papadopoulos, D., Karlsson, J., & Murphy, E. (2025). Precision feeding and sustainable livestock systems: A review. *Journal of Animal Science*, 103(5), 1120–1135.
- Pinela Castro, D., González-Puetate, I., & Valle-Mieles, E. (Eds.). (2025). *Presence of microplastics in livestock production: A challenge for animal health and sustainability*. Deep Science Publishing.
- Pinela Castro, D., González-Puetate, I., Cedeño Reyes, P. P., Álava Cobeña, J., Villacís Mosquera, S., & Novillo Celleri, J. (2025). Fortalecimiento de la ganadería ecuatoriana: manejo sostenible de pastos, forrajes y sistemas silvopastoriles para un futuro resiliente. *Latam: revista latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 6(2).
- Vargas-Ortiz, L. M., Córdova, F. S., & Pavón, L. E. (2022). Estrategias nutricionales para reducir metano en bovinos: enfoque en sostenibilidad y productividad. *Ciencia Veterinaria*, 4(2), 115–128.
- Zhou, H., Na, X., Li, L., Ning, X., Bai, Y., Wu, X., & Zang, S. (2023). Suitability evaluation of the rural settlements in a farming-pastoral ecotone area based on machine learning maximum entropy. *Ecological Indicators*, 152, 110794.