

Doi: <https://doi.org/10.70577/asce.v5i3.1075>

Recibido: 2026-07-20

Aceptado: 2026-08-03

Publicado: 2026-08-17

Impacto de la agricultura ecológica como estrategia biotecnológica sobre la productividad y las emisiones agropecuarias en América Latina: evidencia de datos panel para Argentina, Bolivia, Colombia, Ecuador, México y Perú (2015-2023)

Impact of organic farming as a biotechnological strategy on agricultural productivity and emissions in Latin America: panel data evidence for Argentina, Bolivia, Colombia, Ecuador, Mexico, and Peru (2015–2023)

Autor(s)

Cristian German Freire Ordóñez¹cgreireo@uce.edu.ec<https://orcid.org/0000-0003-1108-5030>**Universidad Central del Ecuador**

Quito – Ecuador

Luis Pauro Flores³lpauo@unap.edu.pe<https://orcid.org/0000-0002-0431-4643>**Universidad Nacional del Altiplano de Puno**

Puno – Perú

Juan Carlos Ceron Vinueza²jccv1985@hotmail.com<https://orcid.org/0009-0001-6250-0604>**Investigador Independiente**

Quito - Ecuador

Yeison Efrén Martínez Ducon⁴ymartinez158@estudiantes.areandina.edu.co<https://orcid.org/0009-0007-1626-5555>**Investigador Independiente**

Yopal - Colombia

Nora Ortiz Calcina⁵nortiz@unap.edu.pe<https://orcid.org/0000-0003-3772-7564>**Universidad Nacional del Altiplano de Puno**

Puno – Perú

Cómo citar

Freire Ordóñez, C. G., Ceron Vinueza, J. C., Pauro Flores, L., Martínez Ducon, Y. E., & Ortiz Calcina, N. (2026). Impacto de la agricultura ecológica como estrategia biotecnológica sobre la productividad y las emisiones agropecuarias en América Latina: evidencia de datos panel para Argentina, Bolivia, Colombia, Ecuador, México y Perú (2015-2023). *ASCE MAGAZINE*, 5(3), 2096–20113. <https://doi.org/10.70577/asce.v5i3.1075>

Resumen

La agricultura latinoamericana enfrenta el desafío de incrementar la producción de alimentos sin profundizar las presiones ambientales derivadas de la actividad agropecuaria, en este contexto, la agricultura ecológica ha adquirido relevancia como una estrategia orientada a fortalecer la sostenibilidad del sector, sin embargo, persisten incertidumbres respecto a su capacidad para mejorar la productividad y, al mismo tiempo, contribuir a la reducción de las emisiones agropecuarias. El objetivo fue; analizar el impacto de la agricultura ecológica sobre la productividad y las emisiones agropecuarias en Argentina, Bolivia, Colombia, Ecuador, México y Perú durante el período 2015-2023. Se desarrolló una investigación cuantitativa, con enfoque de datos panel, para seis países de América Latina; el análisis incorporó información relacionada con productividad agrícola, superficie ecológica, emisiones agropecuarias, uso de fertilizantes y producto interno bruto (PIB); además, se aplicaron estadísticas descriptivas, análisis de correlación y modelos econométricos. La productividad agrícola mantuvo una asociación positiva, con la superficie ecológica, los fertilizantes, y el PIB; los modelos econométricos evidenciaron que la expansión de la agricultura ecológica, ejerció un efecto positivo, y significativo sobre la productividad; en contraste, no se encontró evidencia estadística suficiente, para afirmar que dicha expansión redujera las emisiones agropecuarias; los fertilizantes no mostraron efectos significativos sobre la productividad, ni sobre las emisiones. La agricultura ecológica favorece el desempeño productivo del sector agropecuario, pero su contribución a la disminución de las emisiones, no pudo ser confirmada; los hallazgos sugieren que la sostenibilidad ambiental depende de factores adicionales que trascienden la ampliación de la superficie ecológica.

Palabras clave: América Latina, Agricultura, Productividad, Desarrollo sostenible, Conservación ambiental

Abstract

Latin American agriculture faces the challenge of increasing food production without exacerbating environmental pressures stemming from agricultural activities. In this context, organic farming has gained prominence as a strategy to strengthen the sector's sustainability; however, uncertainties persist regarding its ability to improve productivity while simultaneously contributing to the reduction of agricultural emissions. The objective was to analyze the impact of organic farming on productivity and agricultural emissions in Argentina, Bolivia, Colombia, Ecuador, Mexico, and Peru during the 2015–2023 period. A quantitative study using a panel data approach was conducted for these six Latin American countries; the analysis incorporated data on agricultural productivity, organic farming area, agricultural emissions, fertilizer use, and Gross Domestic Product (GDP), utilizing descriptive statistics, correlation analysis, and econometric models. Agricultural productivity showed a positive association with organic farming area, fertilizers, and GDP; econometric models demonstrated that the expansion of organic farming had a significant positive effect on productivity. In contrast, there was insufficient statistical evidence to claim that such expansion reduced agricultural emissions; fertilizers showed no significant effects on either productivity or emissions. Organic farming supports the agricultural sector's productivity, but its contribution to reducing emissions could not be confirmed; the findings suggest that environmental sustainability depends on additional factors beyond the expansion of organic farming area.

Keywords: Latin America, Agriculture, Productivity, Sustainable development, Environmental conservation

Introducción

La agricultura latinoamericana atraviesa una etapa decisiva, la necesidad de incrementar la producción de alimentos coexiste con una creciente preocupación por los efectos ambientales asociados a la intensificación productiva (Murphy et al., 2021). Durante las últimas décadas, buena parte del crecimiento agrícola de la región ha descansado en modelos sustentados por un uso elevado de insumos externos, expansión de la frontera productiva, y especialización de cultivos (Spangler et al., 2020). Aunque esta dinámica ha favorecido importantes avances en términos de rendimiento y competitividad, también ha incrementado la presión sobre los ecosistemas, la calidad de los suelos y las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la actividad agropecuaria (Nwankwo et al., 2025).

En este contexto, la búsqueda de alternativas capaces de armonizar productividad y sostenibilidad se ha convertido en una prioridad para la investigación y la formulación de políticas públicas (Lencucha et al., 2023). Frente a este escenario, la agricultura ecológica ha ganado espacio como una estrategia biotecnológica orientada a optimizar los procesos biológicos que sostienen la producción agrícola, pues, su enfoque prioriza la conservación de la biodiversidad, el reciclaje de nutrientes, el fortalecimiento de la fertilidad natural de los suelos y la reducción de la dependencia de insumos sintéticos (Folina et al., 2025). Desde una perspectiva productiva, esta modalidad busca aprovechar las interacciones ecológicas del agroecosistema para sostener rendimientos estables y mejorar la resiliencia frente a fenómenos climáticos cada vez más frecuentes (Von Cossel et al., 2025). Diversos estudios han destacado que sus beneficios trascienden el ámbito ambiental y pueden extenderse hacia dimensiones económicas y sociales vinculadas con la sostenibilidad de largo plazo (Sunny et al., 2024).

Sin embargo, el debate científico permanece abierto. Una parte de la literatura sostiene que la agricultura ecológica favorece la conservación de recursos naturales, mejora la calidad del suelo y contribuye a reducir determinadas fuentes de contaminación (Khan et al., 2024). Otros autores aseguran que sus efectos sobre la productividad, pueden variar según el contexto tecnológico, las características agroecológicas, y las condiciones socioeconómicas, de cada región (Ahmadzai et al., 2021). La variación de resultados ha impedido fijar consensos precisos, especialmente en regiones heterogéneas como lo es América Latina, donde conviven sistemas agrícolas, altamente tecnificados con modelos productivos de menor escala, y limitada inversión en innovación.

La discusión adquiere especial relevancia cuando se analizan las emisiones agropecuarias, a Aunque la agricultura ecológica suele asociarse con prácticas más respetuosas del ambiente, la

magnitud de su contribución a la mitigación de emisiones aún presenta resultados contradictorios en la literatura (Lazcano et al., 2021). Las emisiones agrícolas responden a múltiples procesos biológicos, tecnológicos y económicos que interactúan de manera simultánea (Kamyab et al., 2024). Por esta razón, la simple expansión de la superficie ecológica no garantiza, por sí sola, una reducción inmediata de la huella ambiental del sector. En América Latina, esta problemática resulta particularmente compleja, pues, la región constituye uno de los principales proveedores mundiales de productos agroalimentarios, pero también enfrenta desafíos asociados a la degradación de recursos naturales, la vulnerabilidad climática y la necesidad de mantener la competitividad internacional (Charlebois et al., 2025). En consecuencia, comprender si la agricultura ecológica realmente contribuye a elevar la productividad y a moderar las emisiones agropecuarias representa una cuestión de gran interés tanto académico como estratégico.

Por ello, el presente estudio analiza el impacto de la agricultura ecológica como estrategia biotecnológica sobre la productividad y las emisiones agropecuarias en Argentina, Bolivia, Colombia, Ecuador, México y Perú durante el período 2015-2023, mediante un enfoque de datos panel, la investigación busca aportar evidencia, sobre la relación entre la expansión de la superficie ecológica, el desempeño productivo, y la sostenibilidad ambiental, en economías agrícolas de América Latina.

Material y métodos

La investigación trabajó bajo un enfoque cuantitativo, de alcance explicativo, orientado a examinar la incidencia de la agricultura ecológica, sobre la productividad agrícola, y las emisiones agropecuarias en América Latina.

El análisis se aplicó en seis países representativos de la región (Argentina, Bolivia, Colombia, Ecuador, México y Perú). La selección respondió tanto a la disponibilidad de información estadística, como a las diferencias estructurales que caracterizan sus sistemas agropecuarios.

Se utilizó un diseño no experimental, de tipo longitudinal, con observaciones anuales correspondientes al período 2015 - 2023. La información se obtuvo de Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAOSTAT (productividad agrícola, emisiones agropecuarias y uso de fertilizantes), World Bank Open Data - Banco Mundial (Producto Interno Bruto - PIB), y Research Institute of Organic Agriculture - FiBL y Organics International – IFOAM (superficie y participación de agricultura ecológica), esta se organizó

bajo la metodología de datos panel, ya que combina información transversal, de varios países con una dimensión temporal.

Las variables analizadas incluyeron; la productividad agrícola, como variable dependiente principal, medida a través del rendimiento agrícola, expresado en toneladas por hectárea. La agricultura ecológica, se incorporó como variable explicativa, mediante el porcentaje de superficie agrícola, manejada bajo criterios ecológicos; adicionalmente, se incluyeron el uso de fertilizantes, y el producto interno bruto (PIB), como variables de control, debido a su relación potencial con el desempeño productivo, y ambiental del sector agropecuario. Las emisiones agropecuarias fueron consideradas como variable dependiente en un segundo modelo de estimación.

El procesamiento estadístico se realizó en el software RStudio versión 4.6.0., se desarrolló un análisis descriptivo de las variables; se aplicó una matriz de correlación; se emplearon representaciones gráficas, para examinar la evolución temporal de las variables y visualizar la distribución de las emisiones entre los países analizados.

Para responder a las hipótesis, se estimaron modelos econométricos de datos panel; el primer modelo; evaluó el efecto de la agricultura ecológica sobre la productividad agrícola; mientras que el segundo, analizó su influencia sobre las emisiones agropecuarias. En ambos casos, se incorporaron variables de control, con el propósito de reducir posibles sesgos de estimación, y aislar el efecto específico de la superficie ecológica sobre las variables de interés, la interpretación de los resultados se sustentó en la significancia estadística de los coeficientes estimados y en la dirección de sus efectos.

Resultados

La tabla 1 revela una marcada heterogeneidad entre los países evaluados, un comportamiento que sugiere que la transición hacia prácticas agrícolas con mayor orientación ecológica no mantiene una relación uniforme con la productividad, las emisiones ni el tamaño de la economía. Argentina concentra la mayor productividad promedio (4,87 t/ha), acompañada del valor más alto de agricultura ecológica (3,00 %) y de un elevado nivel de producto interno bruto.

En contraste, Bolivia presenta la menor productividad (2,27 t/ha) y una participación reducida de agricultura ecológica (0,35 %), aunque registra un índice de emisiones (110) superior al de Argentina y Ecuador.

Colombia y Ecuador, exhiben valores intermedios de productividad, aunque difieren en la dimensión ecológica. El segundo, alcanza una participación ecológica cercana al 1 %, mientras el primero, apenas registra 0,09 %. Sin embargo, ambos comparten un índice de emisiones de magnitud similar al observado en Argentina, lo que indica que una mayor adopción de agricultura ecológica no implica, por sí sola, una reducción inmediata de las emisiones cuando intervienen otros factores productivos.

México, a pesar de registrar una productividad elevada (4,34 t/ha), muestra uno de los menores porcentajes de la agricultura ecológica (0,37 %), y un índice de emisiones superior (111); Perú, por su parte, combina una productividad relativamente alta (3,77 t/ha), con una adopción ecológica del 1 %; sin embargo, alcanza el mayor índice de emisiones (114), lo que refleja que el crecimiento productivo, y la expansión de prácticas ecológicas, pueden coexistir con presiones ambientales persistentes.

Finalmente, en el uso acumulado de fertilizantes, la distribución coincide, en términos generales, con los países de mayor productividad, lo que sugiere que el incremento del rendimiento, continúa asociado a una utilización intensiva de insumos, desde una perspectiva económica, el patrón observado, refleja el desafío que enfrentan las economías latinoamericanas, que es mantener la competitividad agrícola, sin profundizar en los costos ambientales.

Tabla 1.

Descripción acumulada por país evaluado

País	Productividad (t/ha)	Ecología (%)	Índice de emisiones	Fertilizantes (t)	PIB (miles de millones \$)
Argentina	4,87	3,00	103	2 000 421,00	579,73
Bolivia	2,27	0,35	110	40 896,56	357,48
Colombia	3,26	0,09	107	1 106 796,67	319,00
Ecuador	2,65	0,94	103	341 891,56	390,89
México	4,34	0,37	111	20 068,27	125,50
Perú	3,77	1,00	114	464 556,67	207,70

La matriz de correlación (figura 1), evidencia que la productividad agrícola mantiene una asociación positiva con la agricultura ecológica (0,61), el uso de fertilizantes (0,83) y el PIB (0,71). Los resultados reflejan, que los países con mayor dinamismo económico, y mayor intensidad

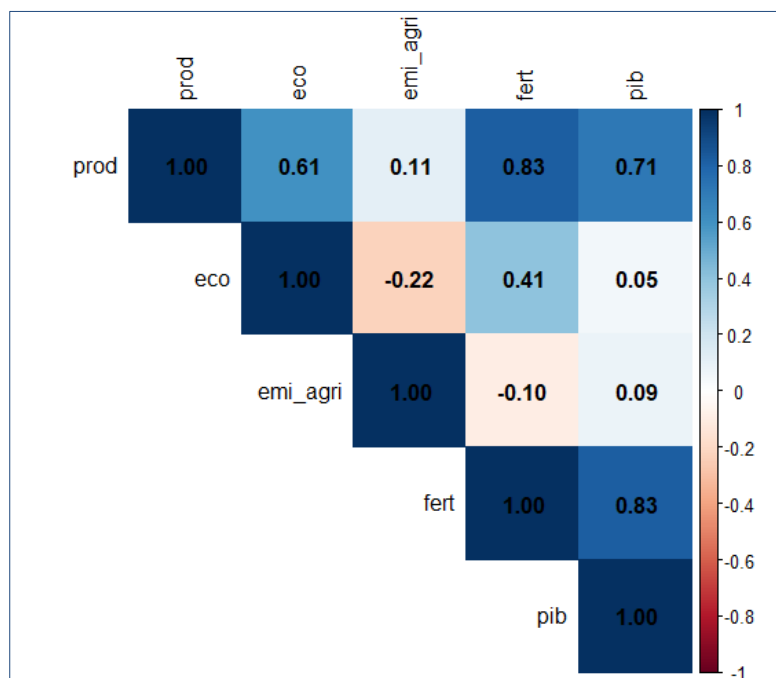
productiva, tienden a alcanzar mejores niveles de rendimiento, al mismo tiempo, la relación positiva entre productividad, y agricultura ecológica, sugiere que la adopción de prácticas

biotecnológicas sostenibles, resulta compatible con un desempeño agrícola favorable, sin que ambas dimensiones representen objetivos contrapuestos.

En cuanto a las emisiones agropecuarias, los resultados muestran vínculos débiles con el resto de las variables; la correlación positiva con la productividad (0,11), indica que el incremento de la producción, no necesariamente implica un aumento proporcional de las emisiones. De forma similar, la relación negativa entre agricultura ecológica, y emisiones (-0,22), aunque de baja magnitud, apunta hacia un posible efecto ambiental favorable de las prácticas ecológicas, lo que coincide con la premisa de que estos sistemas productivos, pueden contribuir a reducir la presión ambiental, sin comprometer la capacidad productiva.

Por otra parte, el uso de fertilizantes presenta una fuerte asociación con la productividad (0,83), lo que confirma que, estos insumos continúan como un factor relevante, para el rendimiento agrícola; sin embargo, su relación prácticamente nula con las emisiones (-0,10), sugiere que el comportamiento ambiental, responde a una combinación de elementos más amplia que el empleo de fertilizantes por sí solo; de igual manera, la estrecha relación entre fertilizantes, y PIB (0,83), evidencia que las economías con mayor capacidad productiva, sostienen una agricultura más intensiva.

Figura 1. Matriz de correlación de las variables



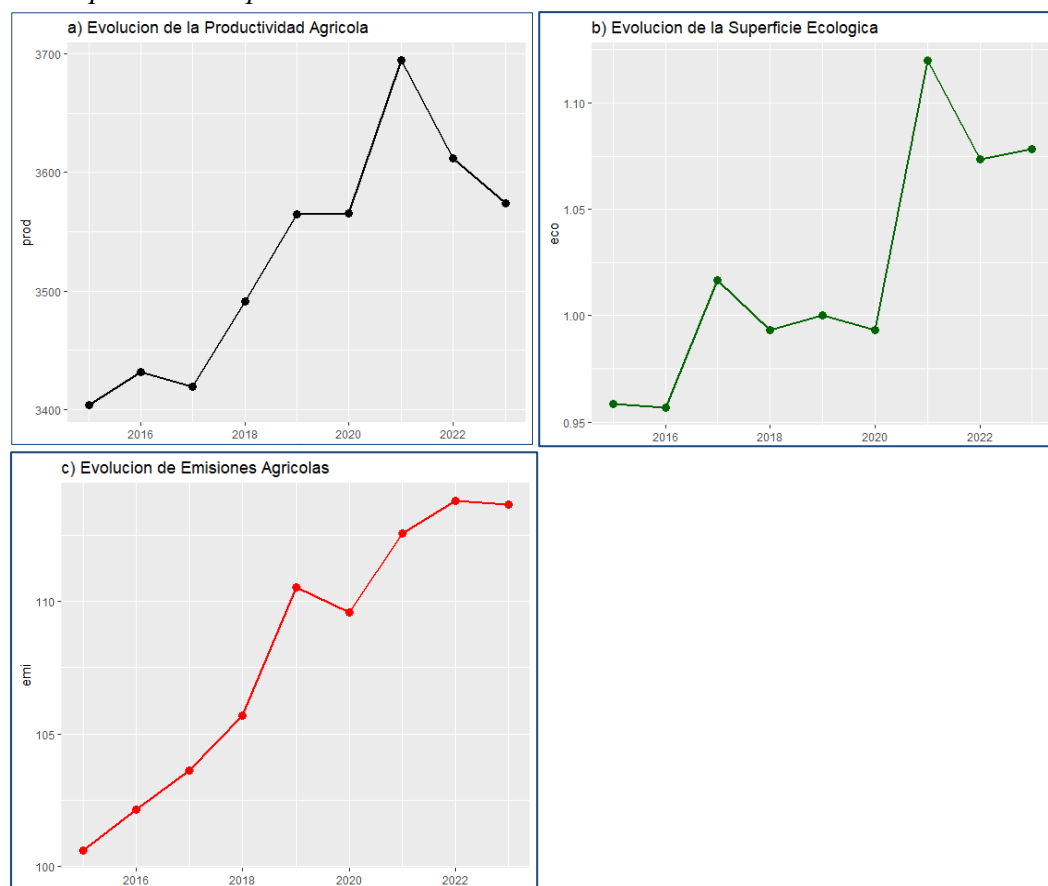
La evolución temporal muestra que la productividad agrícola (figura 2a) mantiene una trayectoria ascendente durante la mayor parte del período analizado, con un crecimiento

sostenido hasta alcanzar su punto más alto en 2021. En los dos últimos años aparece una ligera reducción, aunque los niveles permanecen por encima de los observados al inicio de la serie.

La superficie destinada a agricultura ecológica (figura 2b) presenta un crecimiento moderado durante los primeros años y un incremento más marcado a partir de 2021, momento en el que alcanza su mayor expansión; aunque luego se observa una leve corrección, el indicador conserva valores superiores a los registrados al comienzo del período.

Por su parte, las emisiones agrícolas (figura 2c), siguen una tendencia creciente a lo largo de toda la serie, el aumento resulta más evidente desde 2018, y alcanza sus niveles más elevados entre 2022 y 2023, con una estabilización en el último año. Este comportamiento, indica que el crecimiento del sector agrícola, continúa acompañado por una presión ambiental persistente, aun cuando la superficie ecológica muestra una expansión relevante.

Figura 2. Distribución de la productividad (a), superficie ecológica (b), y emisiones agrícolas de los países en el periodo evaluado



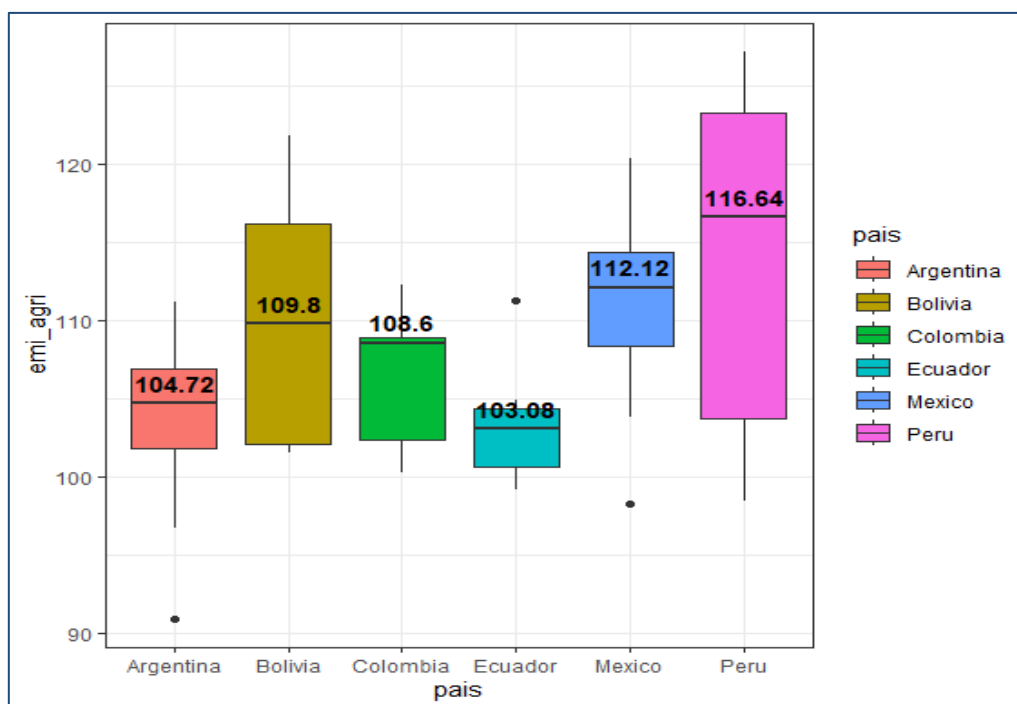
El diagrama de cajas (figura 3), evidencia diferencias claras en el comportamiento del índice de emisiones agropecuarias entre los países analizados. Perú registra la mediana más alta (116,64), seguido por México, mientras que Ecuador (103,08) y Argentina (104,72) presentan los niveles centrales más bajos. Colombia y Bolivia, ocupan una posición intermedia, este

resultado refleja que la presión ambiental, asociada a la actividad agropecuaria, no se distribuye de manera homogénea, sino que responde a dinámicas productivas diferenciadas, entre las economías latinoamericanas.

A su vez, Perú y Bolivia, muestran una mayor variabilidad en sus emisiones, lo que sugiere variaciones intensas, a lo largo del período de estudio; de forma contraria, Colombia y Ecuador, conservan distribuciones compactas, lo que representa una señal, de un comportamiento relativamente estable. México presenta una variación moderada, aunque con niveles de emisiones consistentemente superiores, al promedio de los países evaluados.

Desde el punto de vista económico, los resultados indican que la intensidad ambiental del sector agropecuario, difiere entre países, incluso dentro de un mismo contexto regional; las economías con mayores niveles de emisiones, enfrentan un desafío más complejo para compatibilizar el crecimiento del sector agrícola, con los objetivos de sostenibilidad.

Figura 3. Comparación entre países al evaluar el índice de emisiones agrícolas



Los resultados expuestos confirman que, la expansión de la superficie ecológica incrementa la productividad agrícola, ya que la variable superficie ecológica (eco) presenta un efecto positivo y altamente significativo sobre la productividad agrícola ($\beta = 454,55$; $p < 0,01$). Esta evidencia sugiere que la expansión de la agricultura ecológica contribuye de forma favorable al desempeño productivo del sector agropecuario en los países analizados.

Asimismo, el PIB muestra una relación positiva, y estadísticamente significativa con la productividad ($p < 0,01$), lo que refleja que los entornos económicos, más dinámicos ofrecen

condiciones favorables, para el desarrollo agrícola; de forma contraía, la variable fertilizantes no resultó significativa ($p > 0,05$), por lo que no existió evidencia suficiente, para afirmar que su uso explique las variaciones observadas en la productividad durante el período de estudio.

Los resultados no permiten asegurar que la expansión de la superficie ecológica, reduce las emisiones agropecuarias, aunque la variable eco registra un coeficiente negativo ($\beta = -0.401$), consistente con la dirección teórica esperada, su nivel de significancia es muy bajo ($p = 0,72$); en consecuencia, no existe evidencia estadística suficiente, para sostener que el incremento de la superficie ecológica, haya contribuido a disminuir las emisiones agropecuarias en Argentina, Bolivia, Colombia, Ecuador, México y Perú, durante el período evaluado.

Asimismo, las variables de control, tampoco alcanzaron el umbral convencional de significancia; pues, el uso de fertilizantes presenta una relación negativa con las emisiones, pero su valor de probabilidad ($p = 0,0989$), supera el nivel crítico de 0,05; de igual forma, el PIB muestra una asociación positiva ($p = 0,0597$), aunque la evidencia tampoco resulta suficiente, para afirmar un efecto estadísticamente significativo. Por tanto, ninguno de los factores incluidos en el modelo, explica de manera robusta las variaciones observadas en las emisiones agropecuarias.

Finalmente, por falta de significancia ($p = > 0.05$), se confirmó que el uso intensivo de fertilizantes, no aumenta las emisiones agropecuarias, la variable fertilizante, presenta un coeficiente negativo, y estadísticamente no significativo, lo que indica que su efecto sobre las emisiones, no es suficientemente sólido desde el punto de vista econométrico.

Asimismo, la superficie ecológica, y el PIB, tampoco alcanzan niveles de significancia estadística ($p = 0.758$ y $p = 0.106$, respectivamente). Esto sugiere que ninguna de las variables incluidas en el modelo explica de manera robusta las variaciones de las emisiones agropecuarias durante el período de estudio. De forma complementaria, el bajo poder explicativo del modelo ($R^2 = 0.098$) y la falta de significancia global ($\text{Prob} > F = 0.1558$) evidencian que los determinantes de las emisiones agropecuarias responden a factores adicionales no considerados en la especificación econométrica.

Discusión

Los resultados obtenidos sugieren que la expansión de la agricultura ecológica se asocia con mayores niveles de productividad agrícola en los países analizados, según De La Parra-Guerra et al. (2026), esta relación coincide con la evidencia internacional que reconoce que los sistemas productivos basados en principios agroecológicos pueden fortalecer la fertilidad del suelo, mejorar la eficiencia en el uso de los recursos y aumentar la resiliencia de los cultivos frente a perturbaciones climáticas. Aunque durante décadas predominó la idea de que la agricultura ecológica implicaba una reducción inevitable en los rendimientos, investigaciones más recientes señalan que sus efectos dependen del contexto productivo, el nivel tecnológico y la calidad de la gestión agronómica (Csambalik et al., 2023).

La situación observada en Argentina respalda dicha interpretación, pues, el país registró simultáneamente la mejor productividad y la mayor proporción de superficie ecológica, lo que sugiere que la incorporación de prácticas sostenibles no representa necesariamente una limitación para la producción. Lo que es corroborado por Francaviglia et al. (2023) quienes mencionan que, los beneficios asociados a la diversificación de cultivos, la conservación de la materia orgánica, y la mejora de las propiedades físicas, y biológicas del suelo, son elementos que terminan reflejándose en un desempeño productivo más sólido a mediano y largo plazo.

A su vez, al considerar la correlación positiva, entre productividad agrícola, y el PIB, indica que las economías con mayor dinamismo económico presentan mejores niveles de rendimiento. En este caso Sarangi y Pradhan (2020) afirman que, la disponibilidad de infraestructura, innovación tecnológica, financiamiento y asistencia técnica, suele acelerar la adopción de tecnologías que incrementan la eficiencia productiva. En América Latina, gran parte de los avances en productividad se han concentrado en países con mayores capacidades de inversión, y modernización agrícola (Hodson De Jaramillo et al., 2023), lo que explica parte de las diferencias observadas entre las naciones evaluadas.

Por otra parte, la fuerte asociación entre fertilizantes, y productividad, confirma que estos insumos, continúan desempeñando un papel importante en los sistemas agrícolas latinoamericanos. Sin embargo, el modelo econométrico no encontró evidencia estadística suficiente para atribuir directamente las variaciones de productividad al uso de fertilizantes. Según Cooper et al. (2021) este resultado puede interpretarse con respaldo de las investigaciones que destacan que los incrementos de rendimiento responden a una combinación compleja de factores, entre ellos la calidad del suelo, la disponibilidad hídrica, la genética de

los cultivos y las prácticas de manejo. En consecuencia, la respuesta productiva, no depende exclusivamente de la intensidad de fertilización (Allam et al., 2022).

Respecto a las emisiones agropecuarias, los hallazgos muestran un escenario más complejo. Aunque la agricultura ecológica presentó una relación negativa con las emisiones, la falta de significancia estadística impide afirmar que la expansión de la superficie ecológica haya reducido efectivamente la presión ambiental en el periodo estudiado. Por ello, autores como Moisés et al. (2025) sostienen que los beneficios climáticos de la agricultura ecológica suelen manifestarse de forma gradual y dependen de variables como el secuestro de carbono, el manejo del suelo, la estructura productiva y la composición de los sistemas pecuarios.

Asimismo, el incremento sostenido de las emisiones entre 2015 y 2023, revela que los avances en sostenibilidad, no han sido suficientes para compensar el crecimiento de la actividad agrícola regional. Clay et al. (2020) mencionan que, esta tendencia coincide con análisis globales que identifican a la expansión productiva, el aumento del ganado, la intensificación del uso de insumos y los cambios en el uso del suelo como factores determinantes de las emisiones del sector. A su vez, Burton et al. (2022) argumentan que, una mayor superficie ecológica, puede coexistir con niveles crecientes de emisiones, cuando las demás fuentes de presión ambiental mantienen trayectorias expansivas.

El caso de Perú resulta particularmente ilustrativo, pues, a pesar de presentar una participación relativamente elevada de agricultura ecológica, y buenos niveles de productividad, registró la mediana de emisiones, más alta entre los países analizados. Este comportamiento sugiere que la sostenibilidad agrícola no puede evaluarse únicamente a partir de la superficie ecológica (Basnet et al., 2023). Sin embargo, Di Vita et al. (2024) afirman que, los factores relacionados con la estructura del sistema agropecuario, la intensidad ganadera, la expansión territorial y las características biofísicas de cada país pueden modificar sustancialmente los resultados ambientales. Investigaciones recientes advierten que las trayectorias de crecimiento agrícola en América Latina suelen estar acompañadas por costos ambientales que no siempre se reflejan en los indicadores tradicionales de productividad (Martínez-Valderrama et al., 2021).

De manera global, los resultados permiten sostener que la agricultura ecológica, constituye una alternativa compatible con el incremento de la productividad agrícola, especialmente cuando opera en entornos con adecuadas condiciones económicas, e institucionales. No obstante, su impacto sobre las emisiones agropecuarias aún aparece condicionado por múltiples factores externos que exceden la superficie ecológica propiamente dicha.

Conclusiones

La evidencia obtenida indica que la agricultura ecológica puede contribuir al fortalecimiento de la productividad agrícola en Argentina, Bolivia, Colombia, Ecuador, México y Perú, los resultados muestran que la expansión de la superficie ecológica se relacionó de forma positiva con el rendimiento agrícola, lo que sugiere que las prácticas sostenibles son compatibles con sistemas productivos más eficientes.

Asimismo, el crecimiento económico apareció como un elemento favorable para el desempeño agrícola, pues, los países con mayor capacidad económica alcanzaron niveles superiores de productividad, lo que refleja la importancia de contar con condiciones adecuadas para impulsar la modernización y el desarrollo del sector.

Sin embargo, la investigación no encontró evidencia estadística suficiente, para afirmar que la expansión de la agricultura ecológica haya reducido las emisiones agropecuarias, durante el período analizado, aunque la relación observada fue negativa, los resultados sugieren que las emisiones dependen de otros factores.

De igual forma, el uso de fertilizantes, no presentó efectos significativos, sobre la productividad ni sobre las emisiones, lo que indica que, el comportamiento productivo, y ambiental del sector responde a una combinación más amplia de factores.

En síntesis, la agricultura ecológica, emerge como una alternativa, con potencial para mejorar la productividad agrícola en América Latina, pero su capacidad, para disminuir las emisiones agropecuarias aún requiere evidencia empírica. Futuras investigaciones deberían incorporar nuevas variables y ampliar el período de análisis para comprender con mayor precisión los factores que determinan la sostenibilidad del sector agropecuario.

Referencias bibliográficas

- Ahmadzai, H., Tutundjian, S., & Elouafi, I. (2021). Policies for Sustainable Agriculture and Livelihood in Marginal Lands: A Review. *Sustainability*, 13(16), 8692. <https://doi.org/10.3390/su13168692>
- Allam, M., Radicetti, E., Quintarelli, V., Petroselli, V., Marinari, S., & Mancinelli, R. (2022). Influence of Organic and Mineral Fertilizers on Soil Organic Carbon and Crop Productivity under Different Tillage Systems: A Meta-Analysis. *Agriculture*, 12(4), 464. <https://doi.org/10.3390/agriculture12040464>
- Basnet, S., Wood, A., Rööös, E., Jansson, T., Fetzer, I., & Gordon, L. (2023). Organic agriculture in a low-emission world: Exploring combined measures to deliver a sustainable food system in Sweden. *Sustainability Science*, 18(1), 501-519. <https://doi.org/10.1007/s11625-022-01279-9>
- Burton, C., Kelley, D. I., Jones, C. D., Betts, R. A., Cardoso, M., & Anderson, L. (2022). South American fires and their impacts on ecosystems increase with continued emissions. *Climate Resilience and Sustainability*, 1(1), e8. <https://doi.org/10.1002/cli2.8>
- Charlebois, S., Music, J., Natali, N. G., & Vezeau, J. (2025). Global Agri-Food Competitiveness: Assessing Food Security, Trade, Sustainability, and Innovation in the G20 Nations. *World*, 6(3), 99. <https://doi.org/10.3390/world6030099>
- Clay, N., Garnett, T., & Lorimer, J. (2020). Dairy intensification: Drivers, impacts and alternatives. *Ambio*, 49(1), 35-48. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01177-y>
- Cooper, M., Voss-Fels, K. P., Messina, C. D., Tang, T., & Hammer, G. L. (2021). Tackling G × E × M interactions to close on-farm yield-gaps: Creating novel pathways for crop improvement by predicting contributions of genetics and management to crop productivity. *Theoretical and Applied Genetics*, 134(6), 1625-1644. <https://doi.org/10.1007/s00122-021-03812-3>
- Csambalik, L., Divéky-Ertsey, A., Gál, I., Madaras, K., Sipos, L., Székely, G., & Pusztai, P. (2023). Sustainability Perspectives of Organic Farming and Plant Factory Systems—From Divergences towards Synergies. *Horticulturae*, 9(8), 895. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9080895>
- De La Parra-Guerra, A. C., Torregroza-Espinosa, A. M., Suárez-Durán, M., & Martínez-Mera, E. A. (2026). Trends and Challenges in the Implementation of Agricultural Sustainable Models in the Face of Climate Change: A Review. *Agriculture*, 16(5), 608. <https://doi.org/10.3390/agriculture16050608>
- Di Vita, G., Zanchini, R., De Cianni, R., Pippinato, L., Mancuso, T., & Brun, F. (2024). Sustainable Livestock Farming in the European Union: A Study on Beef Farms in NUTS 2 Regions. *Sustainability*, 16(3), 1098. <https://doi.org/10.3390/su16031098>

- Folina, A., Kakabouki, I., Baginetas, K., & Bilalis, D. (2025). Integration of Bioresources for Sustainable Development in Organic Farming: A Comprehensive Review. *Resources*, 14(7), 102. <https://doi.org/10.3390/resources14070102>
- Francaviglia, R., Almagro, M., & Vicente-Vicente, J. L. (2023). Conservation Agriculture and Soil Organic Carbon: Principles, Processes, Practices and Policy Options. *Soil Systems*, 7(1), 17. <https://doi.org/10.3390/soilsystems7010017>
- Hodson De Jaramillo, E., Trigo, E. J., & Campos, R. (2023). The Role of Science, Technology and Innovation for Transforming Food Systems in Latin America and the Caribbean. En J. Von Braun, K.
- Afsana, L. O. Fresco, & M. H. A. Hassan (Eds.), *Science and Innovations for Food Systems Transformation* (pp. 737-749). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15703-5_38
- Kamyab, H., SaberiKamarposhti, M., Hashim, H., & Yusuf, M. (2024). Carbon dynamics in agricultural greenhouse gas emissions and removals: A comprehensive review. *Carbon Letters*, 34(1), 265-289. <https://doi.org/10.1007/s42823-023-00647-4>
- Khan, M. T., Aleinikovienė, J., & Butkevičienė, L.-M. (2024). Innovative Organic Fertilizers and Cover Crops: Perspectives for Sustainable Agriculture in the Era of Climate Change and Organic Agriculture. *Agronomy*, 14(12), 2871. <https://doi.org/10.3390/agronomy14122871>
- Lazcano, C., Zhu-Barker, X., & Decock, C. (2021). Effects of Organic Fertilizers on the Soil Microorganisms Responsible for N₂O Emissions: A Review. *Microorganisms*, 9(5), 983. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9050983>
- Lencucha, R., Kulenova, A., & Thow, A. M. (2023). Framing policy objectives in the sustainable development goals: Hierarchy, balance, or transformation? *Globalization and Health*, 19(1), 5. <https://doi.org/10.1186/s12992-023-00909-w>
- Martínez-Valderrama, J., Sanjuán, M. E., Del Barrio, G., Guirado, E., Ruiz, A., & Maestre, F. T. (2021). Mediterranean Landscape Re-Greening at the Expense of South American Agricultural Expansion. *Land*, 10(2), 204. <https://doi.org/10.3390/land10020204>
- Moisés, C., Arrobas, M., Tsitos, D., Pinho, D., Rezende, R. F., & Rodrigues, M. Â. (2025). Regenerative Agriculture: Insights and Challenges in Farmer Adoption. *Sustainability*, 17(16), 7235. <https://doi.org/10.3390/su17167235>
- Murphy, D. J., Goggin, K., & Paterson, R. R. M. (2021). Oil palm in the 2020s and beyond: Challenges and solutions. *CABI Agriculture and Bioscience*, 2(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s43170-021-00058-3>
- Nwankwo, C. E. I., Okeke, E. S., Umeoguaju, F. U., Ejeromedoghene, O., Adedipe, D. T., & Ezeorba,

- T. P. C. (2025). Addressing emerging contaminants in agriculture affecting plant–soil interaction: A review on bio-based and nano-enhanced strategies for soil health and global food security (GFS). *Discover Toxicology*, 2(1), 4. <https://doi.org/10.1007/s44339-025-00018-w>
- Sarangi, A. K., & Pradhan, R. P. (2020). ICT infrastructure and economic growth: A critical assessment and some policy implications. *DECISION*, 47(4), 363-383. <https://doi.org/10.1007/s40622-020-00263-5>
- Spangler, K., Burchfield, E. K., & Schumacher, B. (2020). Past and Current Dynamics of U.S. Agricultural Land Use and Policy. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 98. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00098>
- Sunny, F. A., Jeronen, E., & Lan, J. (2024). Influential Theories of Economics in Shaping Sustainable Development Concepts. *Administrative Sciences*, 15(1), 6. <https://doi.org/10.3390/admsci15010006>
- Von Cossel, M., Scordia, D., Altieri, M., & Gresta, F. (2025). Spotlight on agroecological cropping practices to improve the resilience of farming systems: A qualitative review of meta-analytic studies. *Frontiers in Agronomy*, 7, 1495846. <https://doi.org/10.3389/fagro.2025.1495846>

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.