



Revista de Ciencias Sociales

Depósito legal ppi 201502ZU4662
Esta publicación científica en formato
digital es continuidad de la revista impresa
Depósito Legal: pp 197402ZU789
• ISSN: 1315-9518 • ISSN-E: 2477-9431

Universidad del Zulia. Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales
Vol. XXXII, No. ESPECIAL 13 **Enero-Junio 2026**

Revista de Ciencias Sociales

Esta publicación científica en formato
digital es continuidad de la revista impresa
Depósito Legal: pp 197402ZU789
ISSN: 1315-9518

Productividad y presión ambiental en América Latina: Desafíos para el desarrollo sostenible

Guzmán Anaya, Leo*
Ortiz Palafox, Karla Haydeé**

Resumen

El presente estudio analiza la relación entre productividad y sostenibilidad ambiental en las principales economías de América Latina (Brasil, México, Argentina, Colombia y Chile) durante el periodo 1990–2021. A partir de un enfoque cuantitativo con datos panel, se estiman modelos econométricos que incorporan variables de productividad material, huella material, intensidad material, crecimiento económico e inversión extranjera directa, bajo el marco teórico de la Curva Ambiental de Kuznets. Los resultados evidencian que el crecimiento económico mantiene una relación positiva con las emisiones de CO₂, lo que sugiere que los países analizados aún no han alcanzado el punto de inflexión de la Curva Ambiental de Kuznets. En contraste, las emisiones de gases de efecto invernadero muestran dinámicas diferenciadas que apuntan hacia procesos incipientes de desacoplamiento relativo. Asimismo, la intensidad material incrementa significativamente la presión ambiental; mientras que la eficiencia en el uso de recursos presenta efectos heterogéneos, lo que sugiere la presencia de posibles efectos rebote. El estudio aporta evidencia empírica sobre la compleja interacción entre desarrollo económico, uso de recursos y sostenibilidad ambiental en América Latina, destacando la necesidad de políticas orientadas a la desmaterialización productiva y a la transición hacia economías bajas en carbono.

Palabras clave: Productividad; sostenibilidad ambiental; emisiones; América Latina; datos panel.

* Doctor en Ciencias Económico Administrativas. Profesor Investigador en la Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Perfil PRODEP. E-mail: leo@academicos.udg.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5682-3175>

** Doctora en Ciencias Sociales. Profesora Investigadora en la Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Perfil PRODEP. E-mail: karla.palafox@cucea.udg.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4836-7074>

Productivity and environmental pressure in Latin America: Challenges for sustainable development

Abstract

This study analyzes the relationship between productivity and environmental sustainability in the main economies of Latin America (Brazil, Mexico, Argentina, Colombia, and Chile) during the period 1990–2021. Using a quantitative approach with panel data, econometric models are estimated that incorporate variables of material productivity, material footprint, material intensity, economic growth, and foreign direct investment, within the theoretical framework of the Environmental Kuznets Curve. The results show that economic growth maintains a positive relationship with CO₂ emissions, suggesting that the countries analyzed have not yet reached the inflection point of the Environmental Kuznets Curve. In contrast, greenhouse gas emissions show differentiated dynamics that point toward incipient processes of relative decoupling. Likewise, material intensity significantly increases environmental pressure; while resource efficiency shows heterogeneous effects, suggesting the presence of possible rebound effects. The study provides empirical evidence on the complex interaction between economic development, resource use, and environmental sustainability in Latin America, highlighting the need for policies aimed at productive dematerialization and the transition to low-carbon economies.

Keywords: Productivity; environmental sustainability; emissions; Latin America; panel data.

Introducción

La productividad constituye uno de los principales desafíos estructurales en América Latina, limitando la capacidad de la región para sostener procesos de crecimiento económico inclusivo y sostenible. A diferencia de economías avanzadas, donde la productividad ha sido un motor del desarrollo, en América Latina persisten brechas significativas asociadas a la baja innovación, la informalidad laboral y la limitada adopción tecnológica (Crespi et al., 2016; Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD] et al., 2025). En este contexto, la discusión contemporánea ha incorporado una dimensión clave: la sostenibilidad ambiental.

En este contexto, comprender la relación entre productividad y sostenibilidad no solo es relevante desde una perspectiva económica, sino también como un problema central para la gobernanza ambiental en la región (Cruel y Vernaza, 2022). El incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero y el deterioro de los ecosistemas han puesto

en evidencia la necesidad de replantear los modelos productivos (Stern, 2004). La evidencia reciente muestra que los patrones de consumo y producción intensivos en recursos naturales, constituyen uno de los principales determinantes de la degradación ambiental (Celik et al., 2024). En este sentido, surge el concepto de productividad sostenible, entendido como la capacidad de generar valor económico minimizando externalidades negativas (Porter y Kramer, 2011).

Desde el punto de vista teórico, la Curva Ambiental de Kuznets (EKC) ha sido ampliamente utilizada para explicar la relación entre crecimiento económico y contaminación. Esta hipótesis plantea que la degradación ambiental aumenta en las primeras etapas del desarrollo económico y disminuye posteriormente al alcanzarse ciertos niveles de ingreso (Grossman y Krueger, 1991; 1995). No obstante, su aplicabilidad en América Latina sigue siendo debatida debido a la persistencia de estructuras productivas intensivas en recursos (Dinda, 2004).

Diversos estudios recientes han

señalado que variables como la productividad material y la intensidad material, desempeñan un papel central en la dinámica ambiental, pudiendo tanto mitigar como agravar las emisiones dependiendo del contexto institucional, comunicacional y tecnológico (Usman et al., 2020; Álvarez y Cadenas, 2022; Chen et al., 2023; Li et al., 2023). En el caso latinoamericano, esta relación es especialmente relevante dada la dependencia estructural de sectores extractivos.

De manera complementaria, se ha destacado que la sostenibilidad en la región requiere enfoques integrales que articulen crecimiento económico, equidad social y protección ambiental (Lalama y Bravo, 2019; Paredes-Chacín et al., 2019; Manzanares, 2020; Guillén et al., 2020; Paniagua y Vélez, 2022). En este marco, el presente trabajo tiene como objetivo analizar la relación entre productividad material y sostenibilidad ambiental en América Latina bajo el enfoque de la EKC, aportando evidencia empírica mediante modelos de datos panel.

El presente estudio contribuye a la literatura en tres dimensiones principales. En primer lugar, integra variables de productividad y huella material en el análisis de la sostenibilidad ambiental en América Latina, un enfoque aún incipiente en la región. En segundo lugar, aporta evidencia empírica mediante modelos de datos panel que permiten capturar la heterogeneidad estructural entre economías latinoamericanas. Finalmente, evalúa la validez de la Curva Ambiental de Kuznets en contextos emergentes, contribuyendo al debate sobre crecimiento económico y sostenibilidad.

1. Fundamentación teórica

La teoría de la Curva de Kuznets Ambiental (*Environmental Kuznets Curve*, EKC) constituye uno de los enfoques más influyentes para analizar la relación entre crecimiento económico y degradación ambiental. Su origen se encuentra en la hipótesis planteada por Kuznets (1955), quien

propuso que la desigualdad económica sigue una trayectoria en forma de “U invertida” a lo largo del desarrollo de los países.

Posteriormente, esta lógica fue extendida al ámbito ambiental por Grossman y Krueger (1991; 1995), quienes sugirieron que los niveles de contaminación también siguen una relación no lineal con el ingreso per cápita. En las primeras etapas del desarrollo económico, el crecimiento suele estar acompañado de un incremento en la degradación ambiental debido a la industrialización intensiva, el uso extensivo de recursos naturales y la débil regulación ambiental. Sin embargo, a partir de cierto umbral de ingreso, las sociedades tienden a demandar mejores condiciones ambientales, lo que impulsa la adopción de tecnologías más limpias, regulaciones más estrictas y prácticas productivas más sostenibles.

No obstante, la validez empírica de la EKC ha sido ampliamente debatida. Diversos estudios críticos señalan que la aparente reducción de la contaminación en economías avanzadas no necesariamente responde a mejoras estructurales internas, sino a la relocalización de actividades intensivas en contaminación hacia países en desarrollo. Este fenómeno, conocido como “fuga de carbono” o “externalización ambiental”, implica que la presión ambiental se desplaza geográficamente sin reducirse globalmente.

En el contexto latinoamericano, la aplicación de la EKC resulta particularmente relevante debido a la coexistencia de economías en distintas fases de desarrollo, así como a la persistencia de estructuras productivas dependientes de recursos naturales. En este sentido, analizar la relación entre productividad, crecimiento económico y sostenibilidad ambiental, permite no solo evaluar la pertinencia de la EKC en la región, sino también identificar oportunidades para transitar hacia modelos de desarrollo más equilibrados y sostenibles.

A partir de este marco teórico, se plantea la necesidad de contrastar empíricamente la relación entre productividad, uso de recursos y degradación ambiental en América Latina. En particular, resulta relevante evaluar si

los países de la región han comenzado a transitar hacia fases de desacoplamiento entre crecimiento económico y presión ambiental, o si persisten patrones intensivos en recursos naturales.

A partir del marco teórico planteado, se proponen las siguientes hipótesis de investigación:

H1: El crecimiento económico incrementa las emisiones contaminantes en las economías latinoamericanas.

H2: La intensidad material se asocia positivamente con la degradación ambiental.

H3: La productividad material contribuye a la reducción de emisiones bajo condiciones de eficiencia en el uso de recursos.

H4: La inversión extranjera directa tiene efectos diferenciados sobre las emisiones, dependiendo de la estructura productiva.

Colombia y Chile, fueron incluidos en la base de datos final. Los datos se recopilieron del periodo de 1990 a 2021. La razón por la que se tomaron estos 5 países es que representan alrededor del 80% de la producción total de Latinoamérica y son los principales emisores de CO₂ o gases de efecto invernadero de la región. Solamente Brasil y México representan alrededor del 60% del Producto Interno Bruto (PIB) en Latinoamérica (International Monetary Fund [IMF], 2026).

Los modelos econométricos se estimaron usando el *software* estadístico *RStudio* 2023.06.0 Build 421. En el primer modelo, la variable de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) per cápita totales anuales relacionadas con la producción se usó como variable dependiente. En el segundo modelo, la variable de emisiones de gases de efecto invernadero per cápita (EGEI) se empleó como variable dependiente. El modelo incluyó otra serie de variables independientes; su descripción se presenta en el Cuadro 1.

2. Metodología

2.1. Descripción de los datos: Un análisis integral

Los países de Brasil, México, Argentina,

Cuadro 1
Definición de variables

Variables	Siglas	Unidad	Fuente
Emisiones de dióxido de carbono per cápita	CO ₂	Toneladas métricas	https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions
Emisiones de gases de efecto invernadero per cápita	EGEI	Toneladas métricas	https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions
Producto interno bruto per cápita	PIBPC	Dólares a precios constantes del 2021	https://ourworldindata.org/grapher/gdp-per-capita-worldbank
Productividad material (PIB/CMD)	PM	Tasa	https://www.resourcepanel.org/global-material-flows-database
Productividad de la huella material (PIB/HM)	PHM	Tasa	https://www.resourcepanel.org/global-material-flows-database
Intensidad material (CMD/PIB)	IM	Tasa	https://www.resourcepanel.org/global-material-flows-database
Inversión extranjera directa como % del PIB	IED	Tasa	https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators

Nota: La variable CMD (Consumo Material Doméstico) mide la cantidad de recursos naturales utilizados directamente por una economía dentro de su territorio. En contraste, la HM (Huella Material) refleja el total de recursos requeridos para sostener el consumo de un país, incluyendo los materiales incorporados en importaciones. Ambas variables permiten distinguir entre el uso directo de recursos y el impacto material total del consumo.

Fuente: Elaboración propia, 2026 con base en datos de *Our World in Data*, *Resource Panel* y *World Bank*.

Licencia de Creative Commons

Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>

2.2. Modelos econométricos

El estudio adopta un enfoque cuantitativo basado en modelos de datos panel para analizar la relación entre productividad y sostenibilidad ambiental en cinco economías latinoamericanas: Brasil, México, Argentina, Colombia y Chile, durante el periodo 1990–2021.

Siguiendo el marco teórico de la Curva Ambiental de Kuznets (EKC), se estiman dos modelos econométricos con diferentes variables dependientes: emisiones de dióxido de carbono per cápita (CO_2) y emisiones de gases de efecto invernadero per cápita (EGEI). Este enfoque permite capturar distintas dimensiones de la degradación ambiental y es consistente con la literatura reciente que recomienda el uso de múltiples indicadores para robustecer los resultados (Celik et al., 2024).

Las variables independientes incluidas en el modelo son el Producto Interno Bruto per cápita (PIBPC), la Productividad Material (PM), la Productividad de la Huella Material (PHM), la Intensidad Material (IM) y la Inversión Extranjera Directa (IED). Estas variables permiten evaluar tanto el efecto del crecimiento económico como la eficiencia en el uso de los recursos sobre la sostenibilidad ambiental.

Los modelos econométricos se especifican de la siguiente forma:

$$\text{CO}_2 = f(\text{PIBPC}, \text{PM}, \text{PHM}, \text{IM}, \text{IED}) \quad (\text{I})$$

$$\text{EGEI} = f(\text{PIBPC}, \text{PM}, \text{PHM}, \text{IM}, \text{IED}) \quad (\text{II})$$

Las representaciones econométricas se expresan de la siguiente forma:

$$\text{CO}_2_it = \alpha_0 + \alpha_1 \text{PIBPC_it} + \alpha_2 \text{PM_it} + \alpha_3 \text{PHM_it} + \alpha_4 \text{IM_it} + \alpha_5 \text{IED_it} + u_it \quad (\text{III})$$

$$\text{EGEI_it} = \beta_0 + \beta_1 \text{PIBPC_it} + \beta_2 \text{PM_it} + \beta_3 \text{PHM_it} + \beta_4 \text{IM_it} + \beta_5 \text{IED_it} + u_it \quad (\text{IV})$$

Donde: i representa los países ($i = 1, \dots, 5$) y t el periodo temporal ($t = 1990, \dots, 2021$).

El análisis se desarrolla en tres etapas. En primer lugar, se calcularon estadísticas

descriptivas y se analizaron las correlaciones entre variables con el fin de identificar patrones iniciales en los datos. En segundo lugar, se estiman modelos *Pooled OLS* como aproximación inicial, asumiendo la ausencia de efectos individuales no observados. Posteriormente, se aplica la prueba de *Breusch-Pagan* (LM) para determinar la existencia de efectos de panel.

Finalmente, con base en los resultados de la prueba, se estiman modelos de efectos fijos para controlar la heterogeneidad no observada entre países. Este enfoque es adecuado dado el tamaño reducido de la muestra transversal y permite capturar características estructurales específicas de cada economía. En conjunto, esta estrategia metodológica permite evaluar de manera robusta la relación entre productividad, uso de recursos y sostenibilidad ambiental en América Latina, controlando tanto la heterogeneidad no observada como las diferencias estructurales entre países.

3. Resultados y discusión

3.1. Evidencia empírica sobre productividad y sostenibilidad en América Latina

El análisis empírico permite identificar patrones relevantes en la relación entre productividad y sostenibilidad ambiental en América Latina. En línea con la literatura reciente, los hallazgos muestran que el crecimiento económico sigue asociado a mayores niveles de emisiones en etapas iniciales del desarrollo, lo que sugiere que la región aún no ha alcanzado el punto de inflexión de la Curva Ambiental de Kuznets (Celik et al., 2024). La Tabla 1, presenta la estadística descriptiva de los datos, los resultados muestran asimetría positiva, es decir, con la cola de la distribución hacia valores altos en los datos para las variables de EGEI, PIBPC, PHM, IM e IED.

Tabla 1
Estadística descriptiva

Variables	CO2	EGEI	PIBPC	PM	PHM	IM	IED
Media	3.1	8.6	18832.5	0.6	0.7	2.0	3.2
Mediana	3.5	7.0	18326.3	0.6	0.7	1.5	2.6
Máximo	4.7	21.3	29425.7	0.9	1.1	5.2	11.9
Mínimo	1.3	4.0	9996.1	0.1	0.4	1.1	0.2
Desviación estándar	1.1	3.6	5202.8	0.2	0.1	1.1	2.1
Asimetría	-0.2	1.0	0.2	-0.3	0.2	1.3	1.7
Curtosis	-1.5	0.2	-0.7	-1.3	-0.9	0.6	4.0
Jarque-Bera	18.0	30.0	6.0	15.0	6.0	51.0	197.0
Probabilidad	0.000	0.000	0.060	0.000	0.040	0.000	0.000
N	160	160	160	160	160	160	160

Fuente: Elaboración propia, 2026.

La asimetría negativa solamente se observó para las variables de CO2 y PM. En estos casos, la distribución se estira hacia la izquierda con la cola de la distribución hacia valores bajos. En términos de curtosis, se tiene curtosis platicúrtica en CO2, PIBPC, PM y PHM. La curtosis platicúrtica señala que los datos tienen colas delgadas, con casos atípicos raros, y los datos se distribuyen alrededor del rango. Por otra parte, una curtosis leptocúrtica en EGEI, IM e IED. La curtosis leptocúrtica sugiere que existe alta probabilidad de valores

atípicos. El estadístico Jarque-Bera indica que solamente la variable de PIBPC tiene una distribución normal, por lo que las demás variables no siguen una distribución normal. Esto era de esperarse puesto que los valores reportados de asimetría y curtosis se alejan de cero.

La Tabla 2, muestra las correlaciones entre las variables del estudio. La variable dependiente de CO2 muestra una correlación positiva fuerte con la variable de PIBPC y PHM.

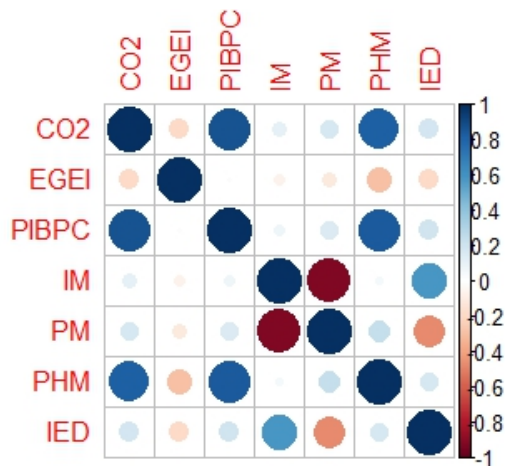
Tabla 2
Matriz de correlaciones

Variables	CO2	EGEI	PIBPC	IM	PM	PHM	IED
CO2	1.00	-0.20	0.87	0.10	0.18	0.82	0.18
EGEI	-0.20	1.00	-0.01	-0.06	-0.12	-0.30	-0.20
PIBPC	0.87	-0.01	1.00	0.07	0.16	0.83	0.19
IM	0.10	-0.06	0.07	1.00	-0.93	0.04	0.59
PM	0.18	-0.12	0.16	-0.93	1.00	0.24	-0.48
PHM	0.82	-0.30	0.83	0.04	0.24	1.00	0.17
IED	0.18	-0.20	0.19	0.59	-0.48	0.17	1.00

Fuente: Elaboración propia, 2026.

La Figura I, muestra las correlaciones entre las variables del estudio. Es decir, los niveles de producción y la productividad de la huella material se correlacionan con los niveles de emisión de CO2 per cápita en las economías latinoamericanas. Por otra parte, las emisiones

de gases de efecto invernadero per cápita (EGEI) no están fuertemente relacionadas con las variables independientes. La correlación más fuerte es negativa con la variable de PHM con un valor de -0.3.



Fuente: Elaboración propia, 2026.
Figura I: Correlograma

Una vez revisadas las correlaciones, se estimaron los modelos panel. En una primera etapa se corrieron modelos “*pooled OLS*”. El modelo *pooled OLS* asume que no existen efectos específicos no observados en los cortes transversales y temporales de los datos, o bien que estos no están correlacionados con las variables independientes. Es decir, el modelo *pooled OLS* asume que no existe un efecto panel en los datos. Sin embargo, este modelo puede presentar problemas de sesgo por variables omitidas si existe heterogeneidad no

observada y controlada entre las unidades de análisis.

En el análisis de datos panel, se sugiere iniciar las estimaciones con el modelo *Pooled OLS* como punto de partida. Una vez estimado, se pueden correr pruebas como la de *Breusch-Pagan* (LM) para verificar la existencia de varianza en los efectos individuales, es decir, un efecto panel. Los resultados del modelo *pooled OLS* para la variable dependiente CO2 se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3
Modelo *pooled* CO2

Variable	Coficiente	Error estándar
PIBPC	0.0001***	(0.0001)
IM	0.847***	(0.129)
PM	3.980***	(0.619)
PHM	0.563	(0.455)
IED	-0.032	(0.022)
Constante	-3.830***	(0.481)
Indicador	Valor	
Observaciones	160	
R ²	0.832	
R ² ajustado	0.826	
F estadístico	152.000*** (df= 5; 154)	

Fuente: Elaboración propia, 2026.

Los resultados del modelo *pooled* OLS sugieren que el modelo cuenta con un alto nivel de ajuste, con un R^2 ajustado de 0.826, lo que indica que las variables independientes incluidas en el modelo explican aproximadamente el 82,6% de la variabilidad en las emisiones de CO₂. Asimismo, el estadístico F confirma la significancia global del modelo.

Se observa que el PIB per cápita (PIBPC), la Intensidad Material (IM) y la Producción Material (PM), tienen un efecto positivo y estadísticamente significativo al nivel del 1% ($p < 0.01$) sobre las emisiones de CO₂. Específicamente, por cada incremento de 1 unidad en el PIB per cápita de los países latinoamericanos, las emisiones de CO₂ per cápita aumentan en 0.0001 unidades. A pesar de un coeficiente con baja magnitud, la alta significancia confirma un vínculo entre el crecimiento económico y la presión ambiental en países en vías de desarrollo.

Por otra parte, la intensidad material muestra que un incremento unitario se asocia con un incremento de 0.847 unidades en el CO₂ per cápita. El resultado es positivo y estadísticamente significativo: Los resultados señalan que un aumento en la intensidad material (mayor consumo de materiales por unidad de PIB) correlaciona directamente con mayores niveles de contaminación atmosférica, validando la necesidad de reducir la dependencia de insumos físicos para mitigar el cambio climático.

La variable de Productividad Material (PM) presenta un coeficiente positivo y estadísticamente significativo, lo que indica que, bajo la estructura productiva actual, el incremento en la eficiencia en el uso de recursos no ha logrado generar un desacoplamiento ambiental. Por el contrario, se observa que mayores niveles de eficiencia están asociados con incrementos en las emisiones de CO₂, lo que sugiere la persistencia de patrones productivos intensivos en recursos y energía.

Este resultado contrasta con la evidencia reportada en economías desarrolladas, donde

las mejoras en la productividad material suelen asociarse con reducciones en las emisiones debido a la adopción de tecnologías más limpias y marcos regulatorios más estrictos (Chen et al., 2023). En el caso de América Latina, los hallazgos sugieren que la eficiencia productiva aún no se traduce en beneficios ambientales, aun adolece de procesos de formación ambiental, lo que puede explicarse por la persistencia de estructuras productivas intensivas en recursos naturales y energía (Vernaza, 2025). Este comportamiento coincide con estudios recientes que destacan que la productividad material puede generar efectos diferenciados dependiendo del nivel de desarrollo y del contexto institucional (Usman et al., 2020).

Los resultados señalan que dos variables no muestran una relación estadísticamente significativa con las emisiones de CO₂: La Productividad de la Huella Material (PHM) y la Inversión Extranjera Directa (IED). A diferencia de la productividad material doméstica (PM), la productividad basada en la huella material (PIB/HM) no resultó significativa. Esto podría sugerir que las emisiones están más vinculadas a los procesos de transformación y consumo de materiales dentro de las fronteras nacionales que al ciclo de vida global de los materiales consumidos.

Para la IED, no se encuentra evidencia de que los flujos de capital extranjero influyan directamente en las emisiones de esta muestra de países latinoamericanos, lo que descarta, preliminarmente, la idea de “paraíso de contaminación” por parte de multinacionales para este conjunto de datos específico.

El segundo modelo utiliza las emisiones de gases de efecto invernadero per cápita (EGEI) como variable dependiente (ver Tabla 4). El modelo se estima por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) bajo la estimación *pooled* OLS. Los resultados señalan que el modelo explica el 39,6% de la varianza de la variable EGEI. La prueba estadística F señala que el modelo cuenta con una significancia estadística robusta.

Tabla 4
Modelo *pooled* EGEI

Variable	Coefficiente	Error estándar
PIBPC	0.001***	(0.0001)
IM	-3.850***	(0.802)
PM	-20.400***	(3.860)
PHM	-12.200***	(2.840)
IED	-0.300**	(0.138)
Constante	28.500***	(3.000)
Indicador	Valor	
Observaciones	160	
R ²	0.415	
R ² ajustado	0.396	
F estadístico	21.800*** (df = 5; 154)	

Fuente: Elaboración propia, 2026.

A diferencia de los resultados del modelo anterior, las variables de productividad e intensidad muestran una relación inversa y significativa con respecto a las emisiones. Lo anterior sugiere una relación de mitigación, es decir, que las mejoras en la eficiencia de los recursos reducen la presión climática. El efecto mitigador mayor se reporta en la Productividad Material (PM), donde un incremento en una unidad de PM se asocia con una reducción de 20.4 unidades de EGEI.

La variable de PHM muestra también una relación inversa con la variable EGEI. Específicamente, un aumento en la productividad de la huella material reduce las emisiones en 12.2 unidades. Esto sugiere que la eficiencia, no solo en recursos domésticos sino en toda la cadena de suministro global, es clave para la descarbonización. De manera similar, la Intensidad Material (IM) también muestra una relación negativa y significativa con las emisiones. Incrementos unitarios de IM se asocian con reducciones en EGEI de 3.8 unidades. Lo anterior podría indicar que los cambios en la estructura de intensidad material están desplazando las emisiones hacia otros sectores o procesos más eficientes.

La Inversión Extranjera Directa (IED) también exhibe un coeficiente negativo y significativo al 5% con un coeficiente de -0.3. Este resultado aporta evidencia a favor de la “hipótesis del halo de contaminación”. Esta hipótesis señala que la IED de países desarrollados reduce la contaminación ambiental en países receptores. Sugiere que las empresas multinacionales transfieren tecnologías limpias y energéticamente eficientes junto con prácticas de gestión ambiental avanzadas que pueden mejorar los estándares ecológicos locales (Duan y Jiang, 2021; Li et al., 2023).

Los resultados de los modelos *pooled* OLS muestran resultados interesantes. Sin embargo, al analizar la información se sugiere un efecto panel en los datos estadísticos. Para confirmar un efecto no observable y hacer uso de herramientas econométricas de estimación de tipo panel, se estimó la prueba de *Breusch-Pagan* (LM) para verificar la existencia de varianza en los efectos individuales, es decir, un efecto de panel. Los resultados se muestran en la Tabla 5. La Ho de la prueba de *Breusch-Pagan* establece que no existe un efecto panel en los datos.

Tabla 5
Prueba Breusch-Pagan

Modelo	χ^2	df	p-value
OLS CO2	308	1	0.00
OLS EGEI	219	1	0.00

Fuente: Elaboración propia, 2026

Para los dos modelos *pooled OLS*, el resultado de la prueba *Breusch-Pagan* rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe una heterogeneidad no observada entre las unidades, en este caso entre los países analizados. Los resultados también indican que el uso del modelo *pooled OLS* produciría estimaciones sesgadas o ineficientes porque ignora las características únicas de cada país.

Se sugiere entonces el uso de un modelo de datos panel, de efectos aleatorios o de efectos fijos. Para el caso de estos datos, se optó por el uso de la estimación por efectos fijos, puesto que se cuenta con una muestra de solamente 5 países, es decir, un corte transversal de 5 individuos. El modelo de efectos fijos es apropiado cuando se tiene un conjunto pequeño y específico de individuos (como el caso de la muestra de 5 países latinoamericanos) y se tiene interés en el comportamiento específico de esas entidades

a lo largo del tiempo. Además, el modelo de efectos aleatorios bajo el método de estimación *Swamy-Arora* no es estimable al tener 5 países y 6 coeficientes a estimar ($N < K$).

Los resultados del modelo de efectos fijos para la variable dependiente CO2 se muestran en la Tabla 6. El modelo analiza los determinantes de las emisiones de CO2 per cápita. El R2 ajustado de 0.826 señala un modelo robusto, el cual explica el 82,6% de la variabilidad del CO2. La prueba *F* indica la significancia estadística global del modelo. Los resultados determinan variables significativas. El coeficiente PIB per cápita (PIBPC) señala que, al aumentar la riqueza por habitante, las emisiones de CO2 también aumentan. El coeficiente de regresión es bajo (0.0001); sin embargo, el impacto depende de la unidad monetaria utilizada. La importancia del resultado es la relación directa, positiva y estadísticamente significativa.

Tabla 6
Modelo Efectos Fijos CO2

Variable	Coefficiente	Error estándar
PIBPC	0.0001***	(0.00001)
IM	0.118*	(0.069)
PM	-0.907**	(-0.372)
PHM	-0.547**	(-0.262)
IED	0.029***	(-0.001)
Indicador	Valor	
Observaciones	160	
R ²	0.808	
R ² ajustado	0.797	
F estadístico	127.000*** (df = 5; 150)	

Fuente: Elaboración propia, 2026.

La variable de IED muestra un coeficiente de 0.029 y es significativa al 99% de confianza. Un aumento de una unidad de la IED como porcentaje del PIB incrementa las emisiones de CO2 en 0.029 unidades. Los resultados señalan posibles “paraísos de contaminación”, donde la inversión extranjera se concentra en industrias intensivas en el uso de la energía dentro de países latinoamericanos.

La Intensidad Material (IM) también muestra un coeficiente positivo y es significativo al 90% de confianza. El coeficiente sugiere que, al incrementarse el uso de materiales en los procesos de producción, es decir, para incrementar una unidad adicional del PIB, esto se traduce en menor eficiencia y mayores emisiones de CO2.

El modelo también muestra dos coeficientes con impacto negativo en las emisiones de CO2. La Productividad Material (PM) tiene un coeficiente de -0.907 y es estadísticamente significativo al 95% de confianza. La variable de PM es el inverso de

IM, es decir, que las mejoras en la eficiencia del consumo de material doméstico (CMD) son claves para la reducción de la huella de carbono en los países de la muestra.

De manera similar la variable de Productividad de la Huella Material (PHM) reporta un coeficiente de -0.47 ($p < 0.05$). Un aumento de una unidad en la PHM, reduce las emisiones de CO2 per cápita en 0.47 unidades. La variable de PHM, al igual que la de PM refleja que una mayor eficiencia en el uso de los recursos se correlaciona con reducciones del CO2.

Los resultados del modelo de efectos fijos para la variable EGEI (emisiones de gases de efecto invernadero) se muestran en la Tabla 7. El modelo analiza los determinantes de las emisiones de gases de efecto invernadero per cápita (EGEI). El R2 ajustado de 0.178 señala un modelo con baja bondad de ajuste, el cual explica el 17,8% de la variabilidad de las EGEI. La prueba *F* confirma la significancia global del modelo.

Tabla 7
Modelo Efectos Fijos EGEI

Variable	Coeficiente	Error estándar
PIBPC	-0.0002***	(0.0001)
IM	1.020**	(0.467)
PM	0.348	(2.510)
PHM	11.100***	(1.770)
IED	0.069	(0.068)
Indicador	Valor	
Observaciones	160	
R ²	0.225	
R ² ajustado	0.178	
F estadístico	8.700*** (df = 5; 150)	

Fuente: Elaboración propia, 2026.

El modelo arroja variables significativas PIBPC, IM y PHM. El coeficiente de la variable PIB per cápita es negativo y altamente significativo. A diferencia del modelo anterior, un mayor nivel de ingresos en países latinoamericanos resulta en una disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero per cápita. Estos resultados parecen respaldar

la hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets.

Otras variables indican efectos positivos en las EGEI. Uno de los casos es la variable de PHM (Productividad de la Huella Material). El coeficiente señala que al incrementarse la PHM en una unidad, las EGEI aumentan en 11.1 unidades. Lo anterior se puede deber a que la eficiencia material impulsa un efecto

rebote al incentivar un mayor volumen de actividad económica.

La variable IM (Intensidad Material) resulta positiva y estadísticamente significativa. Al igual que el modelo de efectos fijos de CO₂, si la economía requiere consumir una gran cantidad de materiales por cada unidad de PIBPC, las EGEI per cápita aumentan de manera significativa.

El modelo también presenta dos variables que no resultan estadísticamente significativas: PM e IED. Los coeficientes no significativos, a diferencia del modelo de CO₂, se pueden originar porque el CO₂ suele venir de la quema de combustibles fósiles en la industria. Por otra parte, las EGEI incluyen elementos que se relacionan con actividades económicas como la agricultura, ganadería y vertederos. Por ejemplo, por un lado, la IED podría estar concentrándose en sectores industriales que queman energía (afectando los niveles de CO₂) pero, por otro lado, no tiene un peso relevante en los sectores que generan otros gases de efecto invernadero (como el sector agropecuario o el ganadero).

En conjunto, la evidencia sugiere que la eficiencia en el uso de recursos desempeña un papel determinante en la sostenibilidad ambiental. Sin embargo, la persistencia de relaciones positivas entre crecimiento económico y emisiones sugiere que América Latina aún se encuentra en una fase intermedia de la EKC. Estos hallazgos coinciden con estudios recientes que destacan la necesidad de políticas públicas orientadas a la desmaterialización, la innovación tecnológica y la transición hacia economías bajas en carbono (Usman et al., 2020; Chen et al., 2023).

Estos resultados son consistentes con la literatura internacional que señala que las economías en desarrollo tienden a experimentar una relación positiva entre crecimiento y emisiones en etapas iniciales (Celik et al., 2024). Asimismo, coinciden con estudios que destacan que la eficiencia material puede generar efectos contradictorios dependiendo del contexto productivo (Usman et al., 2020). Estos resultados sugieren que la región

enfrenta un proceso incompleto de transición hacia modelos sostenibles, caracterizado por avances parciales en eficiencia, pero sin un desacoplamiento estructural consolidado.

Conclusiones

El presente estudio analizó la relación entre actividades económicas y degradación ambiental en las principales economías de América Latina durante el periodo 1990–2021, empleando modelos econométricos de datos panel. Los resultados evidencian una relación compleja entre crecimiento económico y emisiones, mostrando que el incremento en el PIB per cápita continúa asociado a mayores niveles de CO₂, lo que indica que la región aún no ha alcanzado el punto de inflexión de la Curva Ambiental de Kuznets.

En contraste, las emisiones de gases de efecto invernadero presentan una dinámica diferenciada, mostrando indicios de desacoplamiento relativo. Esta divergencia sugiere que distintos tipos de emisiones responden de manera heterogénea a los cambios en la estructura económica.

El uso y la eficiencia de los recursos materiales emergen como factores determinantes en la presión ambiental. Mientras que la intensidad material incrementa significativamente las emisiones, las mejoras en eficiencia muestran efectos ambiguos, evidenciando la posible presencia de efectos rebote.

En términos de hipótesis, los resultados permiten aceptar parcialmente la H1 y H2; mientras que la H3 presenta resultados mixtos y la H4 evidencia efectos diferenciados según el tipo de emisiones analizadas. En términos de política pública, los hallazgos subrayan la necesidad de transitar hacia modelos productivos basados en la eficiencia material, la innovación tecnológica y marcos regulatorios efectivos. Sin estos elementos, el crecimiento económico en América Latina continuará asociado a procesos de degradación ambiental. En este sentido, el desafío para la región no radica únicamente en crecer, sino en

redefinir la forma en que se produce, consume y se interactúa con el entorno ambiental.

Entre las limitaciones del estudio se encuentra el número reducido de países analizados, lo cual puede restringir la generalización de los resultados. Asimismo, el enfoque econométrico no permite capturar completamente las dinámicas institucionales y estructurales que inciden en la relación entre productividad y sostenibilidad. Futuras investigaciones podrían incorporar análisis comparativos más amplios y variables institucionales para profundizar en estos hallazgos.

Referencias bibliográficas

- Álvarez, D., y Cadenas, R. (2022). Podcasts como herramienta para la educación ambiental en Ecuador. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXVIII(3), 189-203. <https://doi.org/10.31876/rcs.v28i3.38468>
- Celik, A., Usman, O., y Alola, A. A. (2024). Material productivity and material intensity as drivers of environmental sustainability in G-7 economies. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 31(1), 43-56. <https://doi.org/10.1080/13504509.2023.2253757>
- Chen, F., Ali, S., Ma, J., Arshad, S., y Ahmad, S. (2023). Material productivity and environmental degradation: Moderating role of environment-related technologies in achieving carbon neutrality. *Gondwana Research*, 117, 155-168. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.01.010>
- Crespi, G., Tacsir, E., y Vargas, F. (2016). Innovation Dynamics and Productivity: Evidence for Latin America. In M. Grazzi y C. Pietrobelli (Eds.), *Firm Innovation and Productivity in Latin America and the Caribbean: The Engine of Economic Development* (pp. 37-72). Inter-American Development Bank. <http://dx.doi.org/10.18235/0006462>
- Cruel, M., y Vernaza, G. D. (2022). Uso de biocombustibles en Ecuador: Una mirada desde la protección de los derechos de la naturaleza. *Revista Venezolana de Gerencia*, 27(E-7), 477-491. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.27.7.31>
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets curve hypothesis: A survey. *Ecological Economics*, 49(4), 431-455. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.02.011>
- Duan, Y., y Jiang, X. (2021). Pollution haven or pollution halo? A re-evaluation on the role of multinational enterprises in global CO₂ emissions. *Energy Economics*, 97, 105181. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105181>
- Grossman, G. M., y Krueger, A. B. (1991). *Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement* (Working Paper No. 3914). National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w3914>
- Grossman, G. M., y Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353-377. <https://doi.org/10.2307/2118443>
- Guillén, J., Calle, J., Gavidia, A. M., y Vélez, A. G. (2020). Desarrollo sostenible: Desde la mirada de preservación del medio ambiente colombiano. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXVI(4), 293-307. <https://doi.org/10.31876/rcs.v26i4.34664>
- International Monetary Fund - IMF (2026). *World economic outlook update. Global Economy: Steady amid Divergent Forces*. IMF. <https://www.imf.org/-/media/files/publications/weo/2026/january/english/text.pdf>
- Kuznets, S. (1955). Economic growth and

- income inequality. *The American Economic Review*, XLV(1), 1-28. <https://assets.aeaweb.org/asset-server/files/9438.pdf>
- Lalama, R., y Bravo, A. (2019). América Latina y los objetivos de desarrollo sostenible: Análisis de su viabilidad. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXV(E-1), 12-24. <https://doi.org/10.31876/rcs.v25i1.29591>
- Li, X., Huang, Y., Li, X., y Liu, X. (2023). Mechanism of smart city policy on the carbon emissions of construction enterprises in the Yangtze River Economic Belt: A perspective of the PESTEL model and the pollution halo hypothesis. *Humanities and Social Sciences Communications*, 10, 580. <https://doi.org/10.1057/s41599-023-02111-0>
- Manzanares, G. (2020). Desarrollo sostenible y políticas públicas: enfoque de la ONU y ecología política. *Revista Ciencia Jurídica y Política*, 6(12), 73-87. <https://www.camjol.info/index.php/rcijupo/article/view/11174>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC), Development Bank of Latin America (CAF), y European Commission (2025). *Latin American economic outlook 2025: Promoting and financing production transformation*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/80e48de5-en>
- Paniagua, J. y Vélez, F. (2022). Sostenibilidad y gobernanza ambiental. Análisis crítico del discurso de desarrollo sostenible planteado en la política pública sobre calidad del aire en Bogotá (2010-2020). *Trabajo Social*, 24(2), 181-214. <https://doi.org/10.15446/ts.v24n2.98790>
- Paredes-Chacín, A. J., López-Orozco, G. M., y Cajigas-Romero, M. (2019). Prácticas de sostenibilidad: Retos de la cooperación entre regiones latinoamericanas. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXV(E-1), 25-41. <https://doi.org/10.31876/rcs.v25i1.29594>
- Porter, M. E., y Kramer, M. R. (2011). Creating shared value. *Harvard Business Review*, 89(1-2), 62-77. <https://hbr.org/2011/01/the-big-idea-creating-shared-value>
- Stern, D. I. (2004). The rise and fall of the environmental Kuznets curve. *World Development*, 32(8), 1419-1439. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.03.004>
- Usman, O., Alola, A. A., y Sarkodie, S. A. (2020). Assessment of the role of renewable energy consumption and trade policy on environmental degradation using innovation accounting: Evidence from the US. *Renewable Energy*, 150, 266-277. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.12.151>
- Vernaza, G. D. (2025). Formación ambiental para la sustentabilidad en Instituciones de Educación Superior: Entre el Estado y la Empresa. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXXI(1), 208-215. <https://doi.org/10.31876/rcs.v31i1.43502>