UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CONTABILIDAD Y AUDITORÍA

CARRERA DE ECONOMÍA

Proyecto de Investigación, previo a la obtención del Título de Economista

Tema:

"Presiones ambientales y sociales sobre el crecimiento económico en América Latina"

Autora: Lema Chicaiza, Damaris Micaela

Tutora: Ing. Morales Urrutia, Ximena Alexandra, Ph.D

Ambato-Ecuador

2026

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Ximena Alexandra Morales Urrutia, Ph.D con cédula de identidad N$_o$. 1803136595, en mi calidad de Tutora del Proyecto de Investigación sobre el tema: **"PRESIONES AMBIENTALES Y SOCIALES SOBRE EL CRECIMIENTO ECONÓMICO EN AMÉRICA LATINA"**, desarrollado por Damaris Micaela Lema Chicaiza, de la Carrera de Economía, modalidad presencial, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos, tanto técnicos como científicos y corresponde a las normas establecidas en el Instructivo del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato.

Por lo tanto, autorizo la presentación del mismo ante el organismo pertinente, para que sea sometido a evaluación por los profesores calificadores designados por el H. Consejo Directivo de la Facultad.

Ambato, Junio 2026

TUTORA

Ximena Morales U.

Ing. Ximena Alexandra Morales Urrutia, Ph.D

C.I. 1801234569

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Damaris Micaela Lema Chicaiza con cédula de identidad No. 0504618265, tengo a bien indicar que los criterios emitidos en el Proyecto de Investigación, bajo el tema: **"PRESIONES AMBIENTALES Y SOCIALES SOBRE EL CRECIMIENTO ECONÓMICO EN AMÉRICA LATINA"**, también los contenidos presentados, ideas, análisis, síntesis de datos, conclusiones, son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autora de este Proyecto de Investigación.

Ambato, Junio 2026

AUTORA

.....

Damaris Micaela Lema Chicaiza

C.I. 0504618265

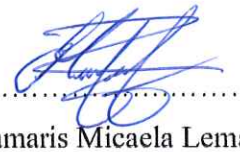
DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto de Investigación, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto de Investigación, con fines de difusión pública; además apruebo la reproducción de este Proyecto de Investigación, dentro de las regulaciones de la universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial; y se realice respetando mis derechos de autora.

Ambato, Junio 2026

AUTORA



.....

Damaris Micaela Lema Chicaiza

C.I. 0504618265

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

El Tribunal de Grado, aprueba el Proyecto de Investigación, sobre el tema: **"PRESIONES AMBIENTALES Y SOCIALES SOBRE EL CRECIMIENTO ECONÓMICO EN AMÉRICA LATINA"**, elaborado por Damaris Micaela Lema Chicaiza, estudiante de la Carrera de Economía, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por la Facultad de Contabilidad y Auditoría de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Junio 2026

Dr. Carlos Alberto Barreno Córdova Mg.
PRESIDENTE

Eco. Jeannette Silvana Mariño Castro, Dra
MIEMBRO CALIFICADOR

Eco. Elsy Marcela Álvarez Jiménez, PhD
MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Dedico esta tesis, en primer lugar, a Dios, por guiarme, darme fortaleza y permitirme culminar esta etapa tan importante de mi vida.

A mis padres, Willian y Mercedes, quienes han sido mi mayor motor, mi apoyo incondicional y mi fuerza para seguir adelante, especialmente en los momentos difíciles. Gracias por sus consejos, sacrificios, amor y confianza, que me impulsaron a no rendirme y a luchar por alcanzar esta meta.

A mis hermanos, Bryan y Danny, por ser parte importante de mi vida, por su cariño, compañía y apoyo durante este proceso. Gracias por estar presentes y por motivarme, de una u otra manera, a seguir avanzando.

También dedico este logro a mi gatito Tofu, mi fiel compañero de desvelos y apoyo emocional, quien con su presencia me acompañó en largas jornadas de estudio, brindándome calma, ternura y compañía en los momentos de cansancio.

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a mis padres y hermanos, por ser mi pilar fundamental en este proceso, por brindarme su amor, apoyo, confianza y la fortaleza necesaria para seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles a lo largo de este proceso .

A mi tutora de tesis, Ximena Morales, expreso mi sincero agradecimiento por su guía, paciencia, compromiso y orientación académica. Sus conocimientos, recomendaciones y acompañamiento fueron fundamentales para el desarrollo y culminación de este trabajo de investigación.

A mi amigo Kevin Gutiérrez, gracias por estar al pendiente de mí, por sus consejos, por las risas y bromas compartidas, por no dejarme sola y por saber escucharme en los momentos en los que más lo necesitaba. Tu amistad ha sido un apoyo muy valioso durante esta etapa.

De manera muy especial, agradezco a mi amiga Romy, quien han sido mi compañera de risas, lágrimas, sueños y desvelos. Gracias por caminar junto a mí durante esta etapa universitaria, por compartir momentos inolvidables, por sostenerme en los días difíciles y por celebrar conmigo cada pequeño logro. Juntas hemos recorrido un camino lleno de aprendizajes, desafíos y recuerdos que llevaré siempre en mi corazón.

A todos mis familiares y amigos que formaron parte de este proceso, gracias por su apoyo, cariño y confianza. Este logro también lleva un pedacito de cada uno de ustedes.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CONTENIDO **PÁGINA**

A. PÁGINAS PRELIMINARES
PORTADA ……..i
APROBACIÓN DEL TUTOR....ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN iii
DERECHOS DE AUTOR iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO v
DEDICATORIA vi
AGRADECIMIENTO vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS....viii
ÍNDICE DE TABLAS xi
RESUMEN EJECUTIVO....xiii
ABSTRACT....xiv
CAPÍTULO I....1
INTRODUCCIÓN....1
1.1. Descripción del problema 1
1.2. Justificación....2
1.2.1 Justificación teórica, metodológica (viabilidad) y práctica....3
1.2.2. Formulación del problema de investigación 4
1.3. Objetivos 4
Objetivo general....4
Objetivos específicos 5
CAPITULO II 6
MARCO TEÓRICO 6
2.1. Revisión de literatura 6
2.1.1. Antecedentes investigativos....6

2.2. Fundamentos teóricos 10
2.3. Hipótesis o Pregunta de investigación 23
CAPÍTULO III 24
METODOLOGÍA 24
3.1. Recolección de la información 24
3.1.1. Población 24
3.1.2.Muestra 24
3.1.3.Fuentes primarias 24
3.1.4. Fuentes secundarias 25
3.1.5. Métodos 27
3.1.6. Técnicas 27
3.1.7. Instrumentos 27
3.2. Tratamiento de la información 32
3.2.1. Nivel descriptivo 32
3.2.1.1 Estimación de medidas de tendencia central 32
3.2.1.2. La media aritmética 33
3.2.1.3. Mediana 33
3.2.1.4. Cuartiles 33
3.2.1.5. Valores máximos y mínimos 33
3.2.1.6. Asimetría y curtosis 33
3.2.2. Nivel explicativo 34
3.2.2.1. Ecuación 34
3.2.2.2. Efectos fijos y aleatorios 34
3.2.2.3. Test de Hauman 35
3.3 Operacionalización de las variables 36
CAPÍTULO IV 40
RESULTADOS 41

4.1 Resultados y discusión 41
Discusión 71
4.2 Verificación de la hipótesis o fundamentación de las preguntas de investigación 73
CAPÍTULO V 75
CONCLUSIONES 75
5.1 Conclusiones 75
5.2 Limitaciones del estudio 76
5.3 Futuras temáticas de investigación 76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 78

ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO **PÁGINA**

Tabla 1. Ficha de registro de datos estadísticos 28

Tabla 2. Variable dependiente: Crecimiento económico. 36

Tabla 3. Variable independiente: Presiones ambientales y sociales. 37

Tabla 4. Estadísticos descriptivos tabla general de las variables estudiadas por países y periodos 41

Tabla 5. Estadísticos descriptivos tabla de Norteamérica 43

Tabla 6. Estadísticos descriptivos tabla de Sudamérica 46

Tabla 7. Estadísticos descriptivos tabla de Centroamérica 48

Tabla 8. Regresión para datos panel 63

Tabla 9. Factor de inflación de la varianza (VIF) 64

Tabla 10. Estacionariedad de variables 64

Tabla 11. Shapiro Francia W Test para datos normales 65

Tabla 12. Test de autocorrelación 66

Tabla 13. Test de heterocedasticidad 66

Tabla 14. Modelos de regresión de panel de efectos fijos frente a efectos aleatorios 67

Tabla 15. Prueba de Hausman: Modelo de efectos fijos vs. Modelo de efectos aleatorios 68

Tabla 16. Ajuste del modelo 69

Tabla 17 H de Kruskal-Wallis 73

Tabla 18. Cálculo de H de Kruskal-Wallis 74

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO **PÁGINA**

Figura 1. Mapa de redes bibliométricas relacionados con las Presiones Ambientales, Sociales y Crecimiento Económico. 25

Figura 2. Mapas de redes bibliométricas de autores más relevantes relacionados con las Presiones Ambientales, Sociales y Crecimiento Económico 26

Figura 3. Emisiones de CO_2 por país 51

Figura 4. Intensidad energética por país 52

Figura 5. Consumo de energía eléctrica por país 53

Figura 6. Población urbana por país 55

Figura 7. Diagrama Box Plot de las emisiones de CO2 56

Figura 8. Diagrama Box Plot de la intensidad energética. 58

Figura 9. Diagrama Box Plot del consumo de energía eléctrica. 59

Figura 10. Diagrama Box Plot de la población urbana. 61

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CONTABILIDAD Y AUDITORÍA
CARRERA DE ECONOMÍA

TEMA: "PRESIONES AMBIENTALES Y SOCIALES SOBRE EL CRECIMIENTO ECONÓMICO EN AMÉRICA LATINA"

AUTORA: Damaris Micaela Lema Chicaiza
TUTORA: Ing. Ximena Alexandra Morales Urrutia, Ph.D.
FECHA: Junio 2026

RESUMEN EJECUTIVO

El estudio realizado examinó como las presiones ambientales y sociales influyeron sobre el crecimiento económico en América Latina durante el periodo 2000 - 2021. El objetivo fue determinar la relación entre el crecimiento económico, medido mediante el PIB per cápita, y factores como las emisiones de CO_2, la intensidad energética, el consumo de energía eléctrica y la población urbana. La investigación tuvo enfoque cuantitativo, diseño no experimental y corte longitudinal, porque utilizó datos secundarios de 19 países latinoamericanos obtenidos del Banco Mundial. La metodología aplicó análisis descriptivo y un modelo econométrico de datos de panel, lo que permitió observar cambios en el tiempo y diferencias entre países. Los principales resultados evidenciaron una fuerte heterogeneidad regional; las emisiones de CO_2 y la intensidad energética se relacionaron negativamente con el crecimiento económico, mientras que el consumo de energía eléctrica y la población urbana mostraron una relación positiva. Se concluyó que el crecimiento económico latinoamericano dependió de la forma en que los países gestionaron su energía, sus emisiones y su urbanización. Por ello, se recomendó fortalecer la eficiencia energética, la innovación, la transición hacia fuentes limpias y la planificación urbana sostenible.

PALABRAS DESCRIPTORAS: CRECIMIENTO ECONÓMICO, PRESIONES AMBIENTALES, INTENSIDAD ENERGÉTICA, URBANIZACIÓN, AMÉRICA LATINA.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO
FACULTY OF ACCOUNTING AND AUDITING
ECONOMICS CAREER

TOPIC: "ENVIRONMENTAL AND SOCIAL PRESSURES ON ECONOMIC GROWTH IN LATIN AMERICA"

AUTHOR: Damaris Micaela Lema Chicaiza
TUTOR: Ing. Ximena Alexandra Morales Urrutia, PhD
DATE: Junio 2026

ABSTRACT

The study examined how environmental and social pressures influenced economic growth in Latin America during the period 2000–2021. The objective was to determine the relationship between economic growth, measured by GDP per capita, and factors such as CO_2 emissions, energy intensity, electricity consumption, and urban population. The research employed a quantitative approach, a non-experimental design, and a longitudinal cross-sectional framework, as it utilized secondary data from 19 Latin American countries obtained from the World Bank. The methodology applied descriptive analysis and an econometric panel data model, which allowed for the observation of changes over time and differences across countries. The main results revealed strong regional heterogeneity; CO_2 emissions and energy intensity were negatively correlated with economic growth, while electricity consumption and urban population showed a positive correlation. It was concluded that Latin American economic growth depended on how countries managed their energy, emissions, and urbanization. Therefore, it was recommended to strengthen energy efficiency, innovation, the transition to clean energy sources, and sustainable urban planning.

KEYWORDS: ECONOMIC GROWTH, ENVIRONMENTAL PRESSURES, ENERGY INTENSITY, URBANIZATION, LATIN AMERICA

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción del problema

El crecimiento económico ha sido tradicionalmente el eje central de las políticas de desarrollo en América Latina. Sin embargo, este crecimiento ha generado fuertes presiones ambientales y sociales que ponen en riesgo la sostenibilidad a largo plazo (Segovia Rocha & Garcés Durán, 2024). A nivel mundial, la región evidencia una fuerte dependencia de modelos de crecimiento que, si bien ha impulsado el Producto Interno Bruto (PIB) han estado asociados a la sobreexplotación de recursos naturales, altos niveles de emisiones de CO_2 y una transición energética aún incipiente (Ortiz-Paniagua & Gómez, 2021; Zafarullah, 2025). Autores como González-Álvarez & Montañés (2023) y Abid et al. (2024), confirman que el consumo energético de emisiones de CO_2 están estrechamente ligadas al crecimiento económico, pero también alertan sobre los límites biofísicos del planeta.

A nivel meso, la intensidad energética y la cantidad de energía requerida para producir una unidad del PIB se rige como un indicador crítico de la eficiencia productiva de las economías. Estudios como los de Abid et al. (2024) y Hajiyev et al. (2023), demuestran que una alta intensidad energética no solo refleja ineficiencias tecnológicas y productivas, sino que también que actúa como un lastre para el crecimiento económico, al tiempo que incrementan las externalidades ambientales. Así mismo, el consumo de energía eléctrica, impulsado por la urbanización y la industrialización, es un motor del desarrollo, pero también una fuente de presión ambiental especialmente en matrices energéticas o denominadas por fuentes no renovables (Rios Barrios, 2024; N. Wang et al., 2021).

El proceso de urbanización acelerada, por su parte, si bien está asociado al crecimiento económico (Méndez, 2021), genera presiones sociales y ambientales como la expansión de desigualdades, la sobrecarga de infraestructuras y el aumento de la demanda de energía y recursos intensificando la huella ecológica de las economías latinoamericanas (Solórzano Chamorro et al., 2022; Tenecora & Quezada, 2025). La hipótesis de la curva de Kuznets Ambiental (CKA) ha sido explorada en la región con

resultados mixtos; mientras algunos estudios como el de Ugalde Hernández (2023), para Costa Rica o Montero (2023), para Ecuador encuentran evidencia de su validez a largo plazo, otros como Mamani et al. (2023), para Perú hallan una relación directa y significativa entre crecimiento y degradación, cuestionando la idea de una desvinculación automática.

En conjunto, esta dinámica macro y meso económicas configuran un escenario de tensiones donde el crecimiento económico parece depender, al menos en el corto y mediano plazo, de factores que simultáneamente degradan el capital natural y social, planteando la urgente necesidad de investigar estas interrelaciones de manera integral y comparada en América Latina.

1.2. Justificación

La justificación teórica de esta investigación se sustenta en los debates centrales de la economía ecológica y del desarrollo sostenible. Por un lado, la teoría del decrecimiento, citada por Segovia Rocha & Garcés Durán (2024), cuestiona la viabilidad del crecimiento económico infinito en un planeta con recursos finitos y aboga por una reorientación de objetivos socioeconómicos hacia el bienestar humano y ambiental, más allá del PIB. Por otro lado, la Hipótesis de la Curva de Ambiental de Kuznets ampliamente discutida en la literatura (Montero, 2023; Odei et al., 2025; Ugalde Hernández, 2023), postula una relación inversa en forma de "U" invertida entre el ingreso per cápita y la degradación ambiental, sugiriendo que, tras una fase inicial de deterioro, el crecimiento económico eventualmente financiaría e impulsaría una mayor calidad ambiental.

No obstante, la evidencia empírica en América Latina es contradictoria y muestra que la validez de la CKA no es automática, sino que depende de variables moderadoras como la inversión en Investigación y Desarrollo (I+D) (Odei et al., 2025), la complejidad económica (You et al., 2022), el tipo de consumo energético (Bui Minh & Bui Van, 2023; González-Álvarez & Montañés, 2023), y la gobernanza ambiental (Zafarullah, 2025). Autores como González-Álvarez & Montañés (2023), introducen además el concepto de "desacople", argumentando que la estabilidad de la relación entre emisiones, energía y crecimiento (relación 3 E) se dio alterada por quiebres estructurales como la Gran Recesión, requiriendo análisis que consideren estas discontinuidades.

Esta investigación se inserta en este debate teórico al proponer un modelo de datos de panel que capte no solo de relaciones lineales, sino también la heterogeneidad entre países, integrando variables clave como la intensidad energética un indicador de eficiencia ampliamente respaldado (Abid et al., 2024; Hajiyev et al., 2023), y el grado de urbanización como proxy de presiones sociales y de demanda de recursos (Méndez, 2021; N. Wang et al., 2021). De este modo, el estudio busca contribuir a refinar los marcos teóricos existentes, probando su aplicabilidad y limitaciones en el contexto específico de América Latina.

1.2.1 Justificación teórica, metodológica (viabilidad) y práctica

La investigación propuesta es metodológicamente viable y necesaria. América Latina presenta una homogeneidad relativa en términos de desafíos de desarrollo y presiones ambientales, pero con suficiente heterogeneidad en su trayectorias económicas, dotación de recursos y políticas públicas como para permitir un análisis comparativo robusto mediante técnicas de datos de panel (Olivera & Segarra, 2021; Seri et al., 2023). Esta metodología, ampliamente utilizada en estudios econométricos ambientales (Methmini et al., 2025; N. Wang et al., 2021; You et al., 2022), permite controlar la heterogeneidad no observable entre países y explotar tanto la dimensión temporal como la transversal de los datos, obteniendo estimadores más eficientes y consistentes.

La disponibilidad de datos para las variables propuestas Crecimiento económico (PIB per cápita), Emisiones de CO_2, Intensidad energética, Consumo de energía eléctrica y Población urbana está garantizada gracias a bases de datos públicas y confiables como el Banco Mundial, la CEPAL la OLADE y la AIE, que cubren consistentemente a los países de la región por varias décadas. Estudios previos han demostrado la aplicabilidad exitosa de modelos de panel para analizar relaciones similares en contextos latinoamericanos y globales. Por ejemplo, Seri et al. (2023), emplearon modelos ARDL en series de tiempo para países latinoamericanos, mientras que N. Wang et al. (2021), utilizaron con éxito datos de panel para analizar disparidades regionales en China. Abid et al. (2024) y González-Álvarez & Montañés (2023), aplicaron modelos de efectos fijos y aleatorios en muestras de países con características similares. Por lo tanto, la metodología propuesta no solo es viable sino también la más adecuada para capturar las complejas interrelaciones entre las variables de estudio en el contexto latinoamericano.

Los hallazgos de esta investigación tendrán implicaciones prácticas significativas para los hacedores de la política pública, los organismos internacionales y los académicos interesados en el desarrollo sostenible de América Latina. Al cuantificar el impacto de las presiones ambientales y sociales sobre el crecimiento económico, el estudio proporcionará evidencia empírica crucial para diseñar políticas de desarrollo más inteligentes y sostenibles. Por ejemplo, entender la relación exacta entre la intensidad energética y el PIB per cápita puede guiar inversiones en eficiencia energética y tecnologías limpias, tal como recomiendan Hajiyev et al. (2023) y Gava et al. (2025). Además, la identificación de patrones heterogéneos entre países permitirá el diseño de políticas diferenciadas y adaptadas a contextos nacionales específicos, evitando soluciones únicas que han demostrado ser inefectivas (Methmini et al., 2025; Zafarullah, 2025). Los resultados también servirán como un valioso insumo para futuras de investigaciones, ya sea profundizando en los mecanismos de causalidad, incorporando otras variables relevantes como la gobernanza, la desigualdad o el capital institucional (Odei et al., 2025), o expandiendo el análisis a nivel subnacional para capturar disparidades internas dentro de los países, una línea de investigación aún poco explorada en la región, pero de crítica importancia (N. Wang et al., 2021). En última instancia, esta tesis busca hacer una contribución práctica al urgente debate sobre cómo América Latina puede transitar hacia una senda de crecimiento que sea económica, social y ambientalmente sostenible.

1.2.2. Formulación del problema de investigación

¿Cuál es la relación entre el crecimiento económico (PIB per cápita) y los indicadores de presión ambiental y social en los países de América Latina durante el período 2000 – 2021?

1.3. Objetivos

Objetivo general

Analizar la relación entre el crecimiento económico y las presiones ambientales y sociales que inciden en los países de América Latina.

Objetivos específicos

Describir el comportamiento del crecimiento económico (PIB per cápita) y de los indicadores de presión ambiental y social en América Latina en el período 2000 – 2021.

Estimar el impacto de los factores ambientales y sociodemográficos en el crecimiento económico (PIB per cápita) en los países de América Latina.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Revisión de literatura

2.1.1. Antecedentes investigativos

En las últimas décadas, el crecimiento económico en América Latina ha estado marcado por una compleja interacción entre el desarrollo productivo y presiones ambientales, configurando un escenario de relevancia crítica para la sostenibilidad regional. Durante el período 2000-2021, esta dinámica ha adquirido particular importancia en el contexto de economías en desarrollo que buscan equilibrar el progreso económico con la conservación de sus recursos naturales.

Olivera & Segarra (2021) analizaron en su estudio la relación dinámica entre las emisiones de dióxido de carbono y el crecimiento económico en los países de América Latina entre 1951 y 2014. Los autores emplearon técnicas de simbolización de series temporales y análisis de clúster que permitieron identificar dos grupos de países con comportamientos diferenciados en la relación entre estas variables. En el primer grupo se identificó una relación bidireccional entre crecimiento económico y emisiones, mientras que en el segundo la causalidad que mostró patrones más complejos con influencia unidireccional. En esta investigación se demostró que la heterogeneidad estructural de las economías latinoamericanas genera diferentes respuestas ambientales al proceso de crecimiento, lo cual exige políticas diferenciadas según las características específicas de cada país.

En el caso de Perú, Mamani et al. (2023) mediante un modelo de regresión múltiple examinaron la relación entre el crecimiento económico y la degradación ambiental durante el período 1990-2019. Los resultados estadísticos mostraron que el consumo energético y las emisiones de CO_2 explicaron que cerca del 24% de la variación del PIB per cápita, alcanzando niveles de significancia inferiores al 5%. Asimismo, se observó que un aumento en las emisiones de CO_2 se asociaba con un crecimiento del 19% en el PIB per cápita, mientras que el incremento en el consumo de energía implicaba un aumento del 20%. Estos resultados confirman que el modelo de

desarrollo peruano mantiene una fuerte dependencia de recursos intensivos en carbono, lo que genera considerables presiones ambientales.

Montero (2023) evaluó la aplicación de la Hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets en Ecuador para el período 1973-2021 utilizando modelos de vectores autorregresivos. La investigación identificó que en el corto plazo el crecimiento económico se asociaba con un incremento significativo en las emisiones de dióxido de carbono; sin embargo, este efecto tendía a diluirse en el largo plazo. Este comportamiento refleja la forma de "U invertida" que plantea la teoría de Kuznets, donde la degradación ambiental aumenta hasta alcanzar un punto de inflexión a partir del cual comienza a disminuir. Sin embargo, el autor enfatiza que este proceso no es automático y que es necesaria una intervención política activa para acelerar la transición hacia patrones de producción más limpios.

Un estudio aplicado a 21 países latinoamericanos examinó la relación entre el nivel de ingreso y las emisiones de dióxido de carbono durante el período 1960-2017, mediante metodologías ARDL y modelos de corrección de error. Los resultados evidenciaron que solo una minoría de países presentó el comportamiento descrito por la Curva Ambiental de Kuznets, mientras que en la mayoría se mantuvo una relación lineal positiva entre crecimiento económico y emisiones. Las diferencias observadas entre países se explican principalmente por la matriz productiva, la dependencia de combustibles fósiles y la implementación de políticas ambientales. En este sentido, el desarrollo económico por sí solo no constituye un mecanismo suficiente para mejorar el desempeño ambiental en la región (Morales-Urrutia et al., 2026; Seri et al., 2023).

Méndez (2021) analizó la interacción entre el proceso de urbanización y el crecimiento económico en Ecuador durante el periodo 1961-2015, empleando técnicas de cointegración y pruebas de causalidad de Granger. Los resultados demostraron la existencia de una relación de equilibrio a largo plazo entre ambas variables, donde la causalidad se presenta de manera unidireccional desde la urbanización hacia el crecimiento económico. El estudio destaca que los beneficios derivados de la urbanización no se distribuyen homogéneamente en el territorio nacional, ya que las ciudades con mayor dotación de infraestructura y capital humano concentran los efectos más favorables, esto plantea desafíos importantes para la planificación urbana regional.

Ortiz-Paniagua & Gómez (2021) examinaron la relación entre crecimiento económico y la calidad ambiental en América Latina entre 1970 y 2016 bajo el marco teórico kuznetsiano. El estudio encontró evidencia mixta sobre la existencia de la Curva Ambiental de Kuznets, con algunos países mostrando el patrón de "U invertida" mientras otros mantenían trayectorias lineales positivas Los autores sostienen que estas diferencias responden a características estructurales propias de cada economía, como el nivel de desarrollo institucional, el tipo de especialización productiva y la disponibilidad de recursos naturales. La investigación concluye que no existe un patrón uniforme que pueda generalizarse para toda la región latinoamericana.

Solórzano Chamorro et al. (2022) realizaron una revisión sistemática de la literatura sobre la evolución histórica del vínculo entre el crecimiento económico y el medio ambiente, con un enfoque particular en el contexto ecuatoriano. Los autores señalan que desde la Revolución Industrial el desarrollo económico ha estado estrechamente asociado a la explotación intensiva de recursos naturales, lo que ha generado una presión creciente sobre los ecosistemas. En el caso de Ecuador, se observa una reducción significativa de las emisiones de dióxido de carbono a partir de 2014, fenómeno que puede explicarse por la implementación de políticas gubernamentales orientadas a la conservación ambiental. No obstante, el estudio advierte que los desafíos persisten debido al aumento poblacional y a la expansión de las actividades extractivas en el país.

Segovia Rocha & Garcés Durán (2024) realizaron un análisis crítico del uso del Producto Interno Bruto como medida principal de bienestar, señalando que este indicador excluye dimensiones esenciales como los aspectos ambientales y distributivos. Los autores proponen el paradigma del decrecimiento y el desarrollo de nuevos indicadores que incorporen criterios de sostenibilidad ecológica y equidad social. Esta perspectiva adquiere especial relevancia en el contexto latinoamericano, donde los modelos de desarrollo predominantes han generado importantes externalidades negativas tanto ecológicas como sociales. La investigación resalta la importancia de avanzar hacia enfoques económicos alternativos que promuevan un equilibrio entre prosperidad y sostenibilidad (Segovia Rocha & Garcés Durán, 2024).

Zamora Torres & Real (2022) examinaron las interrelaciones entre economía, el consumo energético y la calidad ambiental en los países miembros del APEC durante el periodo 1990-2018, aportando conclusiones relevantes para el contexto

latinoamericano. El estudio identificó una estrecha relación entre el consumo energético y las emisiones de CO_2 y el crecimiento económico, pero también destacó el papel estratégico de las fuentes renovables para disminuir dicha presión ambiental. Los resultados sugieren que la transición energética representa una oportunidad para conciliar objetivos económicos y ambientales en economías en desarrollo.

Tenecora & Quezada (2025) analizaron el patrón de consumo electricidad en viviendas ubicadas en la región andina ecuatoriana. Los resultados destacan que el mayor gasto energético residencial proviene del uso de refrigeradores. Si bien no se evidenciaron diferencias significativas en el consumo eléctrico en función del tipo de vivienda, los autores enfatizan la urgencia de adoptar estrategias de eficiencia energética para mitigar la crisis que afecta al sector. Concluyen que la renovación tecnológica de electrodomésticos, mediante políticas orientadas a este fin, tiene potencial para reducir el gasto energético sin repercutir negativamente en la calidad de vida de la población.

Gava et al. (2025) llevaron a cabo un estudio sobre las relaciones de causalidad entre la eficiencia energética, el consumo de energía y el crecimiento económico en Sudáfrica, los resultados evidencian una relación causal unidireccional que va desde el uso de fuentes de energía no renovables hacia el crecimiento económico. Aunque el análisis se desarrolla en un contexto distinto, las conclusiones refuerzan la importancia de la eficiencia energética como herramienta clave para compatibilizar el progreso económico con la sostenibilidad ambiental. Los autores concluyen que las mejoras en la eficiencia energética pueden contribuir a disminuir los costos asociados a la reducción de emisiones.

Abid et al. (2024) analizaron cómo la intensidad energética y las emisiones de dióxido de carbono inciden en el crecimiento económico de los países del Golfo, encontrando que la intensidad energética genera efectos adversos sobre el crecimiento, mientras que las emisiones de CO_2 mantienen una relación positiva en el corto plazo. Estos resultados adquieren relevancia para el contexto latinoamericano, dado que varios países de la región comparten patrones de especialización en actividades intensivas en energía y recursos naturales. La investigación subraya la necesidad de desacoplar el crecimiento económico del consumo energético.

González-Álvarez & Montañés (2023) llevaron a cabo un estudio sobre la estabilidad de la relación entre las emisiones de dióxido de carbono, el consumo de energía y el crecimiento económico en un conjunto de 31 países, identificando a la Gran Recesión

como un punto de inflexión estructural. Los resultados muestran que las economías desarrolladas lograron avanzar en el desacoplamiento entre crecimiento y emisiones, mientras que las economías emergentes registraron progresos más limitados. Este comportamiento evidencia que América Latina enfrenta desafíos adicionales en su transición hacia la sostenibilidad, relacionados con restricciones tecnológicas y financieras.

You et al. (2022) analizaron la interacción entre el crecimiento económico, la complejidad productiva y las emisiones de dióxido de carbono en una muestra de 95 países, encontrando relaciones bidireccionales y efectos diferenciados según el nivel de ingreso. En las economías de ingresos medios, una mayor complejidad económica estuvo asociada con un aumento en las emisiones, mientras que en las naciones de altos ingresos contribuyó a su reducción. Estos resultados resaltan la importancia de avanzar hacia estructuras productivas más sofisticadas y menos intensivas en carbono como vía para alcanzar un desarrollo sostenible.

Por su parte, Odei et al. (2025) incorporaron la variable de inversión en investigación y desarrollo en el análisis de la Curva Ambiental de Kuznets, encontrando que esta variable modera positivamente la relación entre crecimiento y emisiones en las etapas iniciales del desarrollo económico, pero lo hace de forma negativa en las fases más avanzadas. Los autores demostraron que la I+D permite adelantar el punto de inflexión de la curva, favoreciendo el desacople entre crecimiento económico y degradación ambiental. Este estudio aporta evidencia sólida sobre el papel determinante de la innovación tecnológica en la sostenibilidad ambiental.

Zafarullah (2025) analizó el balance entre crecimiento económico y sostenibilidad en el Sudeste Asiático, encontrando que la degradación ambiental genera costos entre 1% y 9% del PIB regional. Aunque el estudio se centra en otra región, sus hallazgos sobre la importancia de la gobernanza ambiental, la transición energética y los instrumentos financieros innovadores son altamente relevantes para América Latina. La investigación ofrece aportes significativos sobre como integrar objetivos económicos y ambientales.

2.2. Fundamentos teóricos

Teorías y enfoques que relacionan crecimiento y sostenibilidad: Simón Kuznets

El estudio de la relación entre crecimiento económico y sostenibilidad constituye un elemento esencial de la economía sostenible, especialmente, a partir de los

planteamientos de Simón Kuznets. La hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets (CAK) ha sido revisada extensamente tanto desde su origen enfocado en la desigualdad económica como en su extensión aplicada al ámbito ecológico (Segura et al., 2023). Según este enfoque, el proceso de desarrollo económico estaría marcado por una fase inicial de degradación ambiental, debido a externalidades negativas que surgen con el incremento de actividades productivas e industriales. No obstante, a medida que se alcanzan mayores niveles de ingreso y la sociedad demanda un mejor entorno, emergen cambios estructurales y avances tecnológicos que habilitan una transición hacia una economía más sostenible, donde la presión ambiental se mitiga progresivamente (Sánchez Almanza, 2006).

La Curva Ambiental de Kuznets plantea una relación en forma de U invertida entre el ingreso per cápita y la presión ambiental (Odei et al., 2025). En esta perspectiva, la degradación ambiental aumenta en los primeros estadios de desarrollo, pero, tras alcanzar un punto de inflexión, el crecimiento económico genera recursos y capacidades institucionales para implementar mecanismos regulatorios y tecnologías limpias. Así, el desarrollo sostenido permitiría corregir las externalidades negativas iniciales y orientar el sistema productivo hacia un modelo compatible con la sostenibilidad ambiental. No obstante, esta hipótesis ha sido ampliamente debatida, y numerosos estudios empíricos han calculado su validez universal (Flores-Xolocotzi, 2023).

Finalmente, el debate sobre los fundamentos teóricos entre crecimiento y sostenibilidad requiere comprender la compleja interacción entre desarrollo económico, calidad ambiental y políticas públicas. El enfoque de Kuznets advierte la necesidad de articular estrategias que acompañen el proceso de crecimiento con instrumentos que minimicen impactos negativos e incentiven la mejora ambiental. En ese sentido, la economía sostenible aboga por diseñar modelos de desarrollo inclusivos, que integren la dimensión ecológica en la planificación económica, favoreciendo la transición hacia sistemas más resilientes y equitativos, donde la sostenibilidad pueda ser alcanzada efectivamente a través de mecanismos adaptativos y participación social (Sánchez Almanza, 2006; Segura et al., 2023).

Teoría del Crecimiento Endógeno y cambio tecnológico: Paul Romer

La teoría del crecimiento endógeno desarrollada por Paul Romer representa un cambio paradigmático al conceptualizar el avance tecnológico como una consecuencia de las

inversiones deliberadas en conocimiento, innovación y capital humano dentro del ecosistema productivo, más que como un resultado externo y azaroso (Francisca et al., 2020). Desde esta perspectiva, el avance tecnológico se deriva a partir de políticas enfocadas en investigación y desarrollo (I+D), de actividades empresariales innovadoras y la difusión de ideas mediante mecanismos como patentes y exportaciones de alta tecnología. De esta manera, el conocimiento se convierte en un recurso dotado de retornos crecientes, capaz de sostener el crecimiento económico a largo plazo aun cuando los rendimientos del capital físico disminuyen. Esto evidencia que el impulso sostenido de la economía depende, fundamentalmente, de la interacción entre la creación de conocimiento y el fortalecimiento de capacidades humanas en la sociedad.

Por otro lado, la Teoría del Crecimiento Endógeno destaca el papel estratégico del cambio tecnológico inducido, fundamental para promover un desarrollo económico más limpio y ambientalmente sostenible (Witajewski-Baltvilks et al., 2017). Las innovaciones en sectores de alta intensidad energética posibilitan una reducción en la demanda de recursos naturales y mejoran la eficiencia productiva, disminuyendo la intensidad de emisiones contaminantes. En industrias como la del gas natural, la incorporación de nuevas tecnologías transforma los patrones de extracción de recursos y altera la dinámica de precios y competencia (Meier & Quaas, 2021). En países en desarrollo, la inversión continua en I+D modera el vínculo tradicional entre crecimiento y emisiones de CO_2, propiciando que los avances tecnológicos permitan reorganizar la trayectoria de la Curva Ambiental de Kuznets y acelerar el desacoplamiento económico ambiental (Odei et al., 2025).

Bajo este enfoque, la innovación tecnológica, el capital humano y el empleo se constituyen como pilares esenciales para transformar la disponibilidad de recursos naturales en una economía sostenible a largo plazo (Yuan & Zhang, 2024). La teoría indica que solamente mediante el desarrollo de capacidades científicas y empresariales se puede cultivar una economía capaz de responder proactivamente a los desafíos medioambientales. En este sentido, la orientación estratégica hacia sectores de alta tecnología y la capacitación de la fuerza laboral se convierten en herramientas inexcusables para asegurar que el crecimiento económico no se traduzca.

No obstante, el panorama latinoamericano revela que existen obstáculos institucionales e informales que necesariamente en mayor presión sobre el entorno,

sino en procesos productivos compatibles con objetivos de sostenibilidad y resiliencia dificultan la construcción de capacidades de I+D y la transferencia tecnológica verde (Myslikova, 2025). Ejemplos documentados en sistemas de innovación de energía solar en Brasil, Chile y México muestran que la falta de estructuras regulatorias ágiles, incentivos adecuados y la persistencia de barreras culturales interfieren con el flujo y la adopción de tecnologías limpias. Estas limitaciones requieren políticas públicas orientadas al fortalecimiento institucional, la reducción de vulnerabilidades y el incentivo a la colaboración intersectorial, elementos que serán determinantes para el éxito de la transición hacia modelos de desarrollo sostenible sustentados en el cambio tecnológico y el conocimiento endógeno.

Hipótesis de Desacoplamiento: Alvin Toffler

La hipótesis de desacoplamiento, inspirada en la teoría de la "Tercera Ola" de Alvin Toffler, plantea un profundo cambio en la dinámica entre crecimiento económico y el uso de los recursos naturales (Toffler Alvin, 1981). En este nuevo paradigma, la sociedad avanza desde los patrones industriales tradicionales de la Segunda Ola, caracterizados por la producción en masa, la centralización y el uso intensivo de materiales, hacia una economía fundamentada en el conocimiento, la tecnología de la información y la descentralización estructural. Este cambio estructural supone una ruptura con la lógica clásica del desarrollo industrial, estableciendo las bases para una economía progresivamente desmaterializada y orientada a los servicios, donde los productos se personalizan y el valor se genera cada vez más a partir de activos intangibles y capacidades intelectuales.

El alcance teórico de esta propuesta reside en su capacidad para explicar cómo el avance tecnológico y la digitalización pueden permitir el desarrollo económico sin aumentar proporcionalmente la explotación de recursos o la degradación ambiental (Toffler Alvin, 1981). En este sentido, el paradigma del desacoplamiento estructural, representa un fundamento para diseñar políticas públicas que promuevan formas de producción y consumo sostenibles, minimizando la huella ecológica. Así, el entendimiento de la economía como un sistema dinámico donde el valor proviene de la innovación y la gestión del conocimiento permite replantar las relaciones entre eficiencia, productividad y sostenibilidad, atendiendo a los nuevos retos de las sociedades contemporáneas.

Estudios empíricos recientes sustentan la viabilidad del desacoplamiento, indicando que la desmaterialización de las economías y la intensidad del capital material juegan roles críticos para alcanzar este objetivo (Ding et al., 2024). Un estudio comparativo en 85 países demostró que una mayor intensidad de stock de material, como el acero en uso, se asocia con una mayor probabilidad de alcanzar el desacoplamiento entre crecimiento y presión ambiental. En el caso de China, investigaciones focalizadas en la reducción de emisiones de dióxido de azufre muestran que los logros en eficiencia energética y en sistemas de tratamiento han sido determinantes para mejorar el desacoplamiento, resaltando el papel fundamental de la innovación tecnológica y de las transformaciones estructurales (Tian et al., 2025).

Finalmente, el análisis de flujos de energía, agua y emisiones de dióxido de carbono en diferentes provincias chinas confirman que los efectos tecnológicos y estructurales son factores clave para desvincular el beneficio económico de las presiones ambientales (Jia et al., 2025). Sin embargo, se observa que el efecto escala, es decir, el simple aumento en el volumen de actividad económica puede atenuar o incluso revertir los avances logrados mediante mejoras tecnológicas. Por tanto, el desacoplamiento se constituye en un desafío imprescindible para superar la "maldición de los recursos" y consolidar esquemas de desarrollo verdaderamente sostenibles que prioricen la resiliencia ecológica y el bienestar social en el largo plazo.

Concepto de crecimiento económico

El concepto de crecimiento económico ha sido regularmente entendido como el aumento sostenido de la producción de bienes y servicios de una sociedad, generalmente medido a través del Producto Interno Bruto (PIB) (Janischewski et al., 2024). Sin embargo, esta definición convencional presenta notables limitaciones al no considerar aspectos como la equidad social, la calidad ambiental y la sostenibilidad del desarrollo. El énfasis exclusivo en tasas positivas de crecimiento ha generado tensiones entre desarrollo económico y preservación del capital natural, evidenciando la necesidad de reevaluar los instrumentos de medición para incorporar dimensiones integrales del bienestar y una visión ampliada del desarrollo humano.

En los países en desarrollo, como los de África, el capital humano surge como un elemento crucial que determina la capacidad de las economías para alcanzar y sostener el crecimiento económico (Awal et al., 2023). Investigaciones recientes resaltan, que tanto la participación masculina como femenina en la formación de capital humano

contribuyen significativamente al desarrollo económico, desafiando paradigmas históricos de exclusión y promoviendo una perspectiva más inclusiva y equitativa de progreso. Este enfoque impulsa la formulación de políticas que favorecen la formación de capacidades, la igualdad de género y la integración social como ejes del desarrollo sostenible y de largo alcance.

La evolución de los enfoques teóricos sobre crecimiento económico ha transitado desde modelos exógenos tradicionales, que atribuían el cambio a factores externos no controlables, hacia modelos endógenos que incorporan explícitamente variables ambientales y tecnológicas (K. Li et al., 2024). En este sentido, las finanzas verdes y la innovación en tecnologías limpias emergen como motores fundamentales para reducir las emisiones de carbono y fortalecer la resiliencia de los sistemas productivos. Según Li et al. (2024) sostienen que orientar el avance tecnológico hacia la sostenibilidad es crucial para transformar la estructura económica y superar los límites intrínsecos de los modelos clásicos de crecimiento, donde el bienestar a largo plazo requiere una integración efectiva de criterios ecológicos y productivos (K. Li et al., 2024).

El debate actual sobre crecimiento económico reconoce el dilema inherente entre expansión productiva y sostenibilidad. En este contexto, diversos autores han abogado por la necesidad de redefinir el concepto para permitir estrategias de desarrollo que sean socialmente inclusivas y ambientalmente responsables. El énfasis en el capital humano, la innovación y las finanzas orientadas a la sostenibilidad representa una propuesta de futuro capaz de armonizar la mejora de la calidad de vida con la preservación de los recursos naturales, planteando el crecimiento económico como un proceso multidimensional, orientado al bienestar colectivo más que la acumulación cuantitativa (Awal et al., 2023; Janischewski et al., 2024; K. Li et al., 2024).

Sostenibilidad

El desarrollo sostenible constituye un concepto clave en la economía contemporánea, dirigida a promover procesos de crecimiento económico que sean compatibles con la preservación ambiental y la equidad social. Específicamente, la hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental aporta una base teórica para comprender cómo el avance en el Producto Interno Bruto per cápita incide originalmente de forma negativa sobre la intensidad energética, aunque con el tiempo este efecto puede revertirse en sociedades con ingresos elevados. Huang, Miao, et al. (2025) identificaron este fenómeno en

China, demostrando que el crecimiento económico eleva la intensidad energética en contextos de bajos ingresos, pero la disminuye cuando el país alcanza mayores niveles de desarrollo. Este comportamiento responde a una mayor conciencia ambiental y a cambios estructurales que privilegian la producción de bienes y servicios menos intensivos en energía, evidenciando la capacidad de transformación sistémica en función de los procesos económicos y culturales.

Situaciones excepcionales, como la pandemia de COVID-19, ofrecen escenarios distintivos para examinar la relación entre el crecimiento económico y la presión ambiental. El estudio de Gazik et al. (2025) centrado en el Reino Unido reveló diversas fases de desacoplamiento entre el crecimiento económico, consumo energético y las emisiones de CO_2. Este análisis confirma la posibilidad de alcanzar disociaciones temporales entre estas variables bajo circunstancias extraordinarias, señalando que la gestión de crisis puede abrir oportunidades para redefinir los vínculos tradicionales del desarrollo, permitiendo mayor flexibilidad y adaptabilidad en la implementación de políticas sostenibles.

Por su parte, la innovación tecnológica se presenta como un factor dual y a menudo contradictorio en la relación entre crecimiento y sostenibilidad ambiental. La investigación de Bego & Tennakoon (2025) en China mostro una correlación positiva entre innovación tecnológica y emisiones, lo que evidencia que el avance en nuevas tecnologías no necesariamente se traduce en reducción de impactos ambientales. Sin embargo, el caso del Reino Unido muestra que es posible disminuir las emisiones incluso en contextos donde la innovación se encuentra estancada, siempre y cuando existan políticas y estructuras orientadas explícitamente a la sostenibilidad ambiental. Esto resalta que el sentido estratégico y la dirección de la innovación son factores determinantes en el logro de objetivos ecológicos.

En síntesis, el concepto de desarrollo sostenible implica una visión crítica y flexible del crecimiento económico y sus repercusiones ambientales. La evidencia sugiere que la sostenibilidad no es resultado automático del progreso material ni tampoco de la innovación, sino que depende de la articulación de conciencia pública, cambios estructurales y orientaciones políticas que integren las metas económicas y ecológicas. La comprensión profunda de estos procesos, respaldada en la observación de diferentes países y contextos excepcionales, fortalece la capacidad de los modelos de desarrollo

para responder a los desafíos de la transición hacia sociedades más resilientes y sostenibles (Bego & Tennakoon, 2025; Gazik et al., 2025; Huang, Ye, et al., 2025).

Indicadores

Emisiones de CO_2

Las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) se han convertido en un eje prioritario tanto en la literatura científica y en el diseño de políticas públicas orientadas a la sostenibilidad, dado su papel decisivo en la aceleración del cambio climático y sus impactos sobre ecosistemas, actividades productivas y comunidades humanas. Desde una perspectiva teórica, la regulación y reducción de emisiones de CO_2 exige considerar factores estructurales como el tipo de matriz energética, la eficiencia de procesos industriales y el patrón de consumo social, así como el marco institucional que determine incentivos y restricciones. De acuerdo con K. Li et al. (2024) han demostrado que la implementación de finanzas verdes y la promoción de innovación ambiental constituyen mecanismos efectivos para lograr recortes significativos en la emisión de carbono, siempre que éstas se enfoquen de manera específica según el contexto regional y los niveles de desarrollo. Estos hallazgos indican que la generalización de políticas sin sensibilidad territorial puede limitar el impacto efectivo en la mitigación.

El desarrollo de políticas diferenciadas debe ir acompañado de la transformación de los sistemas productivos mediante el fomento de energías bajas en carbono y la optimización tecnológica en todas las etapas del ciclo productivo. Kim et al. (2025) profundizaron el análisis de turbinas de gas alimentadas con mezclas de gas natural, hidrógeno y amoníaco, identificando parámetros operativos que optimizan la eficiencia y permiten complementar con las normas europeas sobre emisiones. Estas innovaciones representan oportunidades para el sector industrial de avanzar hacia la descarbonización sin sacrificar competitividad ni seguridad energética. El proceso de transición requiere un entorno institucional que facilite la adaptación tecnológica, la transferencia de conocimiento y la inversión estratégica en infraestructuras limpias, además de una integración más amplia de las redes energéticas nacionales.

La efectividad de la reducción de emisiones de CO_2 está condicionada por la capacidad de los gobiernos, empresas y sociedad civil para articular esfuerzos en torno a una visión común de desarrollo sostenible. Las finanzas verdes demuestran su eficacia cuando los flujos de capital se dirigen prioritariamente a proyectos que potencian la

eficiencia energética, la adopción de tecnologías limpias y la innovación orientada a la sostenibilidad. Es crucial establecer mecanismos de monitoreo y evaluación, de modo que las inversiones se traduzcan en impactos ambientales verificables y duraderos. Por otra parte, reconocer la complejidad regional permite ajustar las estrategias y alcanzar mejores resultados en regiones con rezagos económicos y tecnológicos, evitando que la transición energética profundice desigualdades existentes (Kim et al., 2025; K. Li et al., 2024).

En síntesis, la gestión efectiva de las emisiones de CO_2 en el marco de la economía sostenible demanda un enfoque holístico, articulando incentivos financieros, avances tecnológicos y marcos regulatorios robustos que orienten el cambio estructural hacia la neutralidad climática. Los resultados presentados por W. Li et al. (2024) y Kim et al. (2025) evidencian que la innovación ambiental y la diversificación energética pueden acelerar la transición hacia economías bajas en carbono, siempre que sean impulsadas por políticas adaptadas al contexto y sistemas de gobernanza eficaces. Este tipo de estrategias resulta crucial para cumplir los compromisos internacionales en materia de cambio climático y consolidar trayectorias de desarrollo compatibles con el bienestar social y la resiliencia ecológica a largo plazo (Kim et al., 2025; W. Li et al., 2024).

Intensidad Energética

La intensidad energética constituye un indicador clave en el análisis de la sostenibilidad económica, dado que permite evaluar cuánta energía es consumida para producir una unidad de Producto Interno Bruto (PIB). Esta variable resulta útil para analizar el grado de eficiencia energética de una economía y monitorizar la relación entre crecimiento productivo y demanda energética, ya que una baja intensidad suele asociarse a avances técnicos y estructurales en eficiencia. No obstante, es importante distinguir entre menor intensidad y menor consumo absoluto de energía: una reducción en la intensidad no implica necesariamente una baja en el consumo total si la economía sigue expandiéndose. Por lo tanto, el análisis de la intensidad energética ofrece información crítica tanto para el diseño de políticas públicas como para la evaluación de la innovación tecnológica en la transición hacia sistemas productivos sostenibles.

El comportamiento de la intensidad energética se ve afectado por múltiples factores, entre los que se destacan la seguridad energética, la dotación de recursos naturales y el ritmo de crecimiento económico. Según Aydin et al. (2025) en el caso de Estados

Unidos, el aumento del riesgo a la seguridad energética se asocia con una disminución de la intensidad energética, mientras que una mayor disponibilidad de recursos y el crecimiento económico tienden a incrementarla. Estas tensiones reflejan los dilemas de la política energética, donde los intereses de corto plazo vinculados a la garantía y el acceso seguro a recursos críticos pueden contraponerse a los objetivos de largo plazo relativos a la eficiencia y reducción de emisiones. Por tanto, la gestión estratégica de la seguridad energética debe balancear la resiliencia ante shocks externos y la progresiva descarbonización de las matrices productivas.

La composición de la matriz energética desempeña un papel fundamental en la determinación de las métricas de eficiencia y en la evolución de la intensidad energética. Jin (2025) identificó que la expansión de variables asociadas a fuentes renovables contribuye a reducir la intensidad cuando se mide a través del suministro total de energía (STE), no obstante, este efecto no se reproduce al utilizar el consumo total de energía (CTE). Esta diferencia metodológica advierte sobre la posibilidad de sobrestimar las eficiencias logradas si no se considera adecuadamente las diversas etapas del ciclo energético. Por ello, los análisis comparativos deben integrar diferentes indicadores y metodologías para captar fielmente el impacto de las renovables en la estructura energética nacional.

Finalmente, la reducción de la intensidad energética se identifica como condición indispensable para lograr el desacoplamiento entre crecimiento económico y presión ambiental, consolidando la eficiencia como objetivo transversal en la transición sostenible. Estudios recientes en América Latina y Estados Unidos constatan una mejora continua en la intensidad energética, atribuida tanto a progresos tecnológicos como a cambios estructurales en la matriz productiva. Sin embargo, aún persisten retos vinculados a la heterogeneidad sectorial, la accesibilidad tecnológica y la dinámica de precios internacionales. La consolidación de sistemas energéticos diversificados y resilientes se presenta entonces como prioridad, articulando innovación, política pública y desarrollo sostenible.

Consumo de energía eléctrica

El consumo de energía eléctrica en el sector de edificaciones, particularmente en el ámbito universitario, representa una proporción considerable del gasto energético total y constituye un foco prioritario para las estrategias de eficiencia y sostenibilidad dentro de las políticas institucionales y nacionales. Ortiz-Peña et al. (2025) demostraron que

la aplicación sistemática de medidas de ahorro energético, dentro de las que se incluyen la optimización de la iluminación, el uso eficiente de sistemas de climatización y la promoción de conductas responsables entre los usuarios, puede traducirse en reducciones de consumo eléctrico que oscilan entre el 18% y 20%. Sin embargo, la relación entre reducción de consumo y ahorro económico directo no es lineal ni automática, ya que los edificios pueden enfrentar incrementos en la facturación final cuando las tarifas energéticas aumentan o cuando la demanda coincide con picos de precios en el mercado. Esta paradoja evidencia la necesidad de evaluar conjuntamente el impacto técnico y económico de las inversiones en eficiencia, considerando el comportamiento de los precios, la estructura de tarifas y la volatilidad de los mercados energéticos, en tanto que el diseño de estrategias sostenibles exige un enfoque sistémico e integrado capaz de articular beneficios ambientales y financieros de largo plazo al interior de las organizaciones.

La gestión eficiente del consumo eléctrico obliga, por tanto, a superar enfoques aislados y a incorporar herramientas de análisis y planificación complejas que permitan anticipar y adaptarse a los cambios en el entorno económico y regulatorio. En este sentido, la consideración de los costos ocultos, la evaluación de los periodos de retorno de inversión y la negociación de acuerdos de suministro que incluyan cláusulas de flexibilidad o tarifas dinámicas, se presentan como instrumentos necesarios para asegurar que las mejoras en eficiencia se traduzcan de forma efectiva en ventajas económicas y no sean absorbidas por fluctuaciones externas. Esta estrategia requiere además revisar el marco normativo y buscar la integración con políticas de respuesta a la demanda, favoreciendo una gestión activa del consumo que maximice el aprovechamiento de los horarios de bajo costo, sincronice con la producción renovable y reduzca la exposición ante escenarios de volatilidad (Ortiz-Peña et al., 2025).

En paralelo con la gestión administrativa y técnica, el desarrollo de nuevas metodologías para la predicción precisa del consumo eléctrico en edificaciones juega un papel insustituible en la transición hacia la eficiencia energética y la construcción de edificios inteligentes. Chen et al. (2025) llevaron a cabo una revisión exhaustiva de técnicas de aprendizaje automático que permiten anticipar la demanda de energía eléctrica considerandos variables como históricas de consumo, condiciones meteorológicas, ocupación y patrones de uso de los espacios. Estas metodologías

ofrecen ventajas significativas respecto a modelos convencionales, permitiendo una optimización dinámica de la operación energética, el diseño de programas de mantenimiento predictivo y la toma de decisiones informadas para implementar intervenciones de eficiencia que respondan a la realidad específica de cada edificio, sus usuarios y su entorno.

Complementando estos avances, Shahsavari-Pour et al. (2025) propusieron un modelo híbrido que combina la selección automatizada de características, la descomposición de señales y el uso avanzado de redes neuronales LSTM, lo cual permite alcanzar niveles de precisión superiores en la estimación del consumo eléctrico en edificios inteligentes. Este enfoque integra la capacidad de procesar grandes volúmenes de datos en tiempo real y captar relaciones complejas entre variables, lo que habilita la automatización de sistemas de control energético y la personalización de estrategias de ahorro en función de las características de cada espacio. Los resultados obtenidos en estudios de caso validan la utilidad de estos modelos para incrementar la eficiencia operativa, reducir costos energéticos y fortalecer la resiliencia de los edificios frente a los retos emergentes del sector eléctrico y las exigencias de la sostenibilidad urbana.

Población urbana

La rápida urbanización global ha configurado nuevas dinámicas en la demanda energética y ambiental, provocando efectos directos sobre los requisitos de infraestructura y la sostenibilidad de las ciudades modernas. Estudios recientes han documentado que el crecimiento y la distribución espacial de la población urbana son elementos críticos en la eficiencia de los sistemas energéticos, particularmente, cuando se analizan los patrones de expansión y la forma de las áreas metropolitanas. Wang et al. (2025) evidenciaron que la configuración de política del desarrollo urbano, contribuye significativamente a disminuir el efecto isla de calor al dispersar la concentración de actividades y reducir la acumulación de calor tanto en el núcleo como en las periferias urbanas. Este enfoque demuestra que la planificación urbana estratégica resulta esencial para limitar impactos negativos derivados del crecimiento urbano y para promover escenarios energéticos sostenibles, potenciando los beneficios de una infraestructura distribuida y resiliente.

El cambio climático impone desafíos sobre la población urbana que son heterogéneas, acentuando brechas de vulnerabilidad entre distintos grupos sociales y regiones. Mohammad & Weng (2025) han identificado profundas disparidades en la exposición

al estrés térmico entre población urbana y rural en Asia, con casos críticos en China Oriental, donde las desigualdades ambientales se traducen en altos riesgos para la salud de los sectores más desfavorecidos. Esta constatación exige políticas de emergencia y una inversión prioritaria en protección y adaptación para las poblaciones urbanas más expuestas, especialmente, las que residen en periferias mal urbanizadas o en asentamientos informales. Estas desigualdades no solo tienen carácter ambiental, sino también social y demográfico, por lo cual la atención a la equidad climática resulta central en la política urbana contemporánea.

Además, la caracterización y definición metodológica de población urbana constituye un aspecto de relevancia estadística y comparativa (W. Li et al., 2024), mediante el análisis de diferentes criterios de definición de urbanización, han demostrado que las estimaciones sobre el grado de urbanización pueden variar sustancialmente según el enfoque metodológico empleado, lo que obstaculiza la comparación y la formulación de políticas globales coherentes. De ahí la importancia de avanzar hacia definiciones armonizadas, capaces de capturar tanto las particularidades locales como las necesidades de trazabilidad internacional. Esta armonización posibilitará orientar estrategias públicas que respondan eficazmente a las realidades de cada territorio, asegurando que la planificación energética y ambiental logre su eficacia.

En el análisis de externalidades negativas del desarrollo urbano y energético, destaca el vínculo entre contaminación del aire, salud y desempeño económico. Lakner et al. (2024) estimaron que, en Hungría, los efectos de la contaminación atmosférica urbana pueden provocar una reducción entre el 4.1% y 9.4% anual del PIB durante los próximos cincuenta años, principalmente debido a la disminución de la población en edad laboral y al aumento de costos asociados a la salud. Por último, la gestión del carbono en edificios urbanos requiere de un enfoque multinivel y comparativo. Gu et al. (2026), a través de una revisión sistemática, resaltan que la investigación internacional se concentra mayoritariamente en China, Europa y Estados Unidos, cuyas estrategias oscilan entre marcos regulatorios obligatorios, esquemas de incentivos económicos y aproximaciones sistémicas. Este panorama resalta la necesidad de integrar diferentes instrumentos de política pública, considerando diversidad demográfica, social y territorial, para alcanzar metas de sostenibilidad justa y equitativa.

2.3. Hipótesis o Pregunta de investigación

H1: Las presiones ambientales y sociales inciden significativamente en el crecimiento económico de los países de América Latina durante el período 2000-2021, considerando las diferencias estructurales existentes en emisiones de CO_2, intensidad energética, consumo de energía eléctrica y población urbana.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Recolección de la información

3.1.1. Población

Creswell (2012) define la población como el conjunto total de individuos o elementos que comparten una misma característica y que, en función de ello, integran el universo de estudio. Para esta investigación se consideró países de América Latina (Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Haití, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Uruguay), conformando un total de 19 países de la región excluyendo a Belice, Puerto Rico y Venezuela, debido a la falta de datos suficientes. El análisis se estructuro entorno a las variables económicas, ambientales y sociales, específicamente: Crecimiento económico, emisiones de CO_2, intensidad energética, consumo de energía eléctrica y población urbana. El periodo evaluado abarcó desde el año 2000-2021, lo que permitió obtener una base datos sólida compuesta por 440 observaciones. Estos datos se emplearon para examinar el comportamiento económico, ambiental y social de los países latinoamericanos.

3.1.2.Muestra

Según Hernández Sampieri et al. (2018) conceptualizan que la muestra es un subconjunto de la población de interés, sobre la cual se recopilaran datos relevantes y deberá ser representativa de esa población, de manera probabilística de modo que se pueda generalizar los resultados encontrados en la muestra de la población. En la presente investigación no fue necesaria la obtención de una muestra, puesto que se trabajó con la población de todos los países miembros disponibles. Países como Belice, Puerto Rico y Venezuela, fueron omitidos debido a la falta de datos.

3.1.3.Fuentes primarias

Las fuentes primarias son aquellos materiales recopilados de manera directa, que ofrecen información original, entre ellos se incluyen libros, artículos académicos, entre otros (Mora, 2023). Por lo tanto, en el desarrollo de esta investigación no se emplearon fuentes primarias.

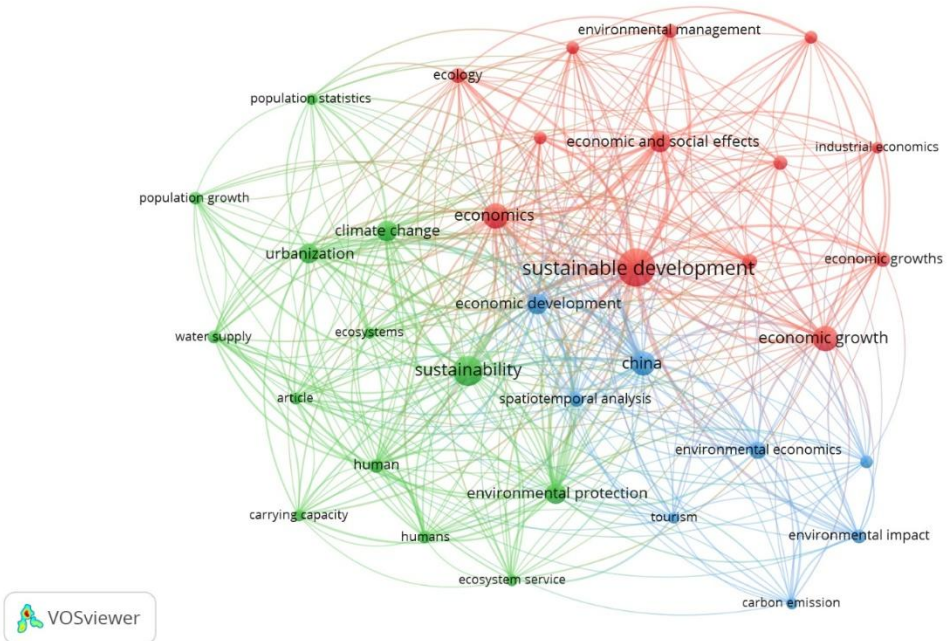
3.1.4. Fuentes secundarias

Las fuentes secundarias se enfocan en interpretar o analizar la información obtenida de las fuentes primarias, como las revisiones sistemáticas, monografías académicas y los metaanálisis, entre otros (E. Valencia et al., 2025). En esta investigación se utilizaron fuentes secundarias con la finalidad de garantizar una adecuada fiabilidad metodológica. Se recurrió a artículos científicos relacionados con el crecimiento económico, presiones ambientales y sociales, además se emplearon repositorios digitales confiables como: Scielo, Redalyc, Scopus, entre otras, lo que permitió integrar evidencia relevante.

La información estadística utilizada para el análisis econométrico se obtuvo del Banco Mundial donde se extrajeron las series relacionadas con el PIB per cápita , emisiones de CO_2, intensidad energética, consumo de energía eléctrica y la población urbana. Estas bases de datos proporcionan información confiable, estandarizada y comparable de los países latinoamericanos durante el periodo 2000-2021, lo que permitió una base de datos robusta.

Figura 1.

Mapa de redes bibliométricas relacionados con las Presiones Ambientales, Sociales y Crecimiento Económico.

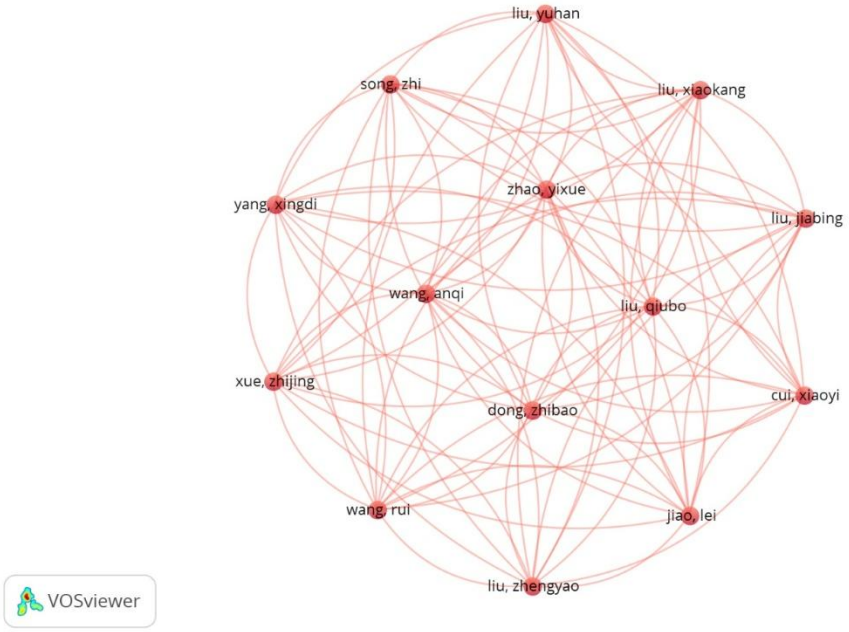


Nota. Mapa de redes bibliométricas relacionadas con “Environmental Pressures Societies AND Economic Growth”. Fuente: Elaboración propia (2026).

La figura 1 evidencia que el desarrollo sostenible constituye el eje central de la red temática, al mantener una estrecha relación con variables económicas, ambientales y sociales. Entre los términos con mayor vinculación destacan crecimiento económico, sostenibilidad, protección ambiental y cambio climático, lo que refleja el interés por analizar el equilibrio entre desarrollo y conservación de los recursos naturales. Asimismo, se identifican factores asociados a la urbanización, crecimiento poblacional y emisiones de carbono, los cuales complementan el estudio desde una perspectiva integral. De igual manera, la presencia de países como China demuestra el protagonismo de ciertas economías en investigaciones relacionadas con sostenibilidad y desarrollo económico.

Figura 2.

Mapas de redes bibliométricas de autores más relevantes relacionados con las Presiones Ambientales, Sociales y Crecimiento Económico



Nota. Mapa de redes bibliométricas de autores relevantes relacionados con “Environmental Pressures Societies AND Economic Growth”. Fuente: Elaboración propia.

La figura 2 evidencia la red de autores con mayor influencia dentro de la temática analizada, destacándose una elevada interconexión entre investigadores que han contribuido al estudio del desarrollo sostenible. Entre los autores con mayor presencia se encuentran Liu Yuhan, Zhao Yixue y Liu Guibo, quienes mantienen vínculos frecuentes de colaboración académica y producción científica relacionada con sostenibilidad ambiental y crecimiento económico. Asimismo, la estructura de la red refleja una cooperación constante entre distintos investigadores, lo que demuestra el interés colectivo por fortalecer esta línea de investigación. Estas contribuciones han permitido ampliar el análisis sobre la relación entre desarrollo económico, recursos naturales y sostenibilidad.

3.1.5. Métodos

El método constituye el eje procedimental de la investigación, puesto que permite desarrollar el estudio de forma ordenada, sistemática y coherente, articulando las etapas necesarias para producir conocimiento con fundamento científico (Hernández Sampieri et al., 2014). En esta investigación se utilizó el método hipotético deductivo.

3.1.6. Técnicas

Es un procedimiento estructurado que sea emplea para recopilar y analizar información, con el propósito de dar respuesta a una pregunta o abordar un problema específico. Entre las técnicas de investigación más comunes se encuentran encuestas, entrevistas entre otros (Medina et al., 2023).

Para el desarrollo de la presente investigación, se aplicó la técnica de análisis documental, con la finalidad de extraer la información pertinente de las entidades estudiadas, este procedimiento permitió seleccionar y examinar de manera critica los documentos necesarios para esta investigación, priorizando aquellos con información sobre crecimiento económico.

3.1.7. Instrumentos

Un instrumento de recolección de datos es el recurso, dispositivo o formato, físico o digital, que utiliza el investigador para obtener, registrar y organizar la información necesaria para el cumplimiento de los objetivos de estudio (Arias, 2012). Para llevar a cabo esta investigación se empleó un sistema de fichas de registro documental estandarizadas, desarrolladas con la finalidad de organizar, y examinar los datos secundarios obtenidos. La ficha fue estructurada con apartados destinados a registrar la referencia de la fuente, el tipo de documento, la variable correspondiente, su

definición operativa, el periodo disponible, la unidad de medida, el país o región y anotaciones complementarias que faciliten la interpretación de los datos. Este instrumento se aplicó para registrar y sistematizar los indicadores para la investigación, entre los que se incluyen el crecimiento económico medido a través del PIB per cápita como variable dependiente, y las variables independientes las emisiones de CO_2, intensidad energética, consumo de energía eléctrica y la población urbana, estos datos fueron obtenidos del repositorio World Development Indicators (WDI) del Banco Mundial, una fuente reconocida por su cobertura a nivel internacional y la consistencia de sus series estadísticas.

La aplicación de esta ficha de registro contribuyó a disponer de un conjunto de datos organizado, verificable y metodológicamente sólido. Su diseño permitió mantener un control riguroso sobre las fuentes revisadas y proporcionó un soporte metodológico adecuado.

Tabla 1.

Ficha de registro de datos estadísticos

Año	País	Crecimiento económico	Emisiones de CO_2	Intensidad Energética	Consumo de energía eléctrica	Población urbana
2000	Argentina					
2001						
2002						
2003						
……						
2021						
2000	Bolivia					
2001						
2002						
2003						
……						
2021						
2000	Brasil					
2001						

2002		
2003		
……		
2021	Chile	
2000		
2001		
2002		
2003		
……		
2021		
2000	Colombia	
2001		
2002		
2003		
……		
2021		
2000	Costa Rica	
2001		
2002		
2003		
……		
2021		
2000	Cuba	
2001		
2002		
2003		
……		
2021		
2000	Ecuador	
2001		
2002		
2003		

……		
2021		
2000	Guatemala	
2001		
2002		
2003		
……		
2021		
2000	Haití	
2001		
2002		
2003		
……		
2021	Honduras	
2000		
2001		
2002		
2003		
……	México	
2021		
2000		
2001		
2002		
2003	El Salvador	
……		
2021		
2000		
2001		
2002		
2003	Nicaragua	
…..		
202		

2000						
2001						
2002						
2003						
.....						
202	Panamá					
200(						
2001						
2002						
2003	Paraguay					
.....						
2021						
2000						
2001						
2002	Perú					
2003						
.....						
2021						
2000						
2001	República Dominicana					
2002						
2003						
.....						
2021						
2000						
2001						
2002	Uruguay					
2003						
.....						
2021						

Nota. Registro de datos estadísticos que van a ser procesados en el software Stata. Fuente: Elaboración propia.

La ficha se diseñó bajo un formato estructurado que comprende el periodo 2000 – 2021, disponiendo los países en columna y los indicadores de presiones ambientales y sociales en filas, lo que facilitó la aplicación adecuada de los análisis estadísticos pertinentes.

3.2. Tratamiento de la información

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, debido a los métodos de recolección de datos, además de la formulación de datos y debido al planteamiento de hipótesis matemáticas

La presente investigación tuvo como finalidad analizar cómo los factores demográficos y energéticos inciden sobre el crecimiento económico de América Latina, para lo cual se usó información secundaria depurada y analizada de manera sistemática. El crecimiento económico fue considerado como la variable dependiente mientras que la población urbana, la intensidad energética, el consumo de energía eléctrica y emisiones de CO_2, son las variables explicativas, los datos se obtuvieron de fuentes internacionales confiables. El estudio se desarrolló bajo un enfoque descriptivo y explicativo, aplicando herramientas estadísticas y econométricas para examinar el comportamiento de las variables y determinar el grado de relación existente entre ellas. Para ello, se empleó un modelo de datos de panel, el cual permitió captar tanto la variación temporal como las diferencias entre los países de la región analizada.

3.2.1. Nivel descriptivo

Describe las características que permiten identificar a una población de objeto de estudio, la cual debe estar delimitada tanto en el tiempo como en el espacio geográfico (E. Valencia et al., 2025). En esta investigación, el nivel descriptivo se relacionó con el objetivo de examinar la dinámica de los factores asociados a las presiones ambientales y sociales en los países de los países de América latina, los factores mencionados fueron determinados a partir de una revisión detallada de fuentes secundarias, posteriormente, mediante herramientas estadísticas, se identificaron las tendencias y regularidades de los indicadores de las presiones ambientales y sociales sobre el crecimiento económico.

3.2.1.1 Estimación de medidas de tendencia central

La estimación de la dinámica de los indicadores asociados a las presiones ambientales y sociales y su incidencia en el crecimiento económico, se realizó el cálculo de las medidas de tendencia central a través del software estadístico IBM SPSS Statistics. La

aplicación de estas medidas se justificó debido a su capacidad de sinterización de la información de las variables de estudio.

3.2.1.2. La media aritmética

La media aritmética es una medida de tendencia central más representativa en los estudios estadísticos, dado que expresa el valor promedio de los datos que conforman una muestra, se obtiene a través de la suma de todos los valores observados, dividida entre la cantidad total de datos. La variable de estudio es representada por X, la media por $\bar{X}$ (Posada, 2016). En la presente investigación este procedimiento se empleó para determinar la medida de tendencia central que refleja el valor medio de cada indicador, lo que permitió obtener un alcance amplio y una mejor interpretación de los resultados.

3.2.1.3. Mediana

La mediana es una medida estadística que representa el valor central dentro de un conjunto de datos ordenados de forma ascendente o descendente (Contreras, 2025). Esta medida fue útil para estimar el valor central de la distribución de los datos dado que reduce el efecto de los valores asimétricos.

3.2.1.4. Cuartiles

Los cuartiles son un conjunto de datos que se dividen en cuatro partes iguales, por lo general se establecen tres cuartiles, identificados como Q_1,Q_2, y Q_3. Donde Q_1 es el valor por debajo del cual se centra el 25% de los datos, Q2 es el punto central de la distribución, es decir, la mediana, Q_3. representa el valor bajo el cual se concentra el 75% de las observaciones (Zambrano et al., 2023).

3.2.1.5. Valores máximos y mínimos

Los valores máximos y mínimos se refieren a los puntos de optimización en los que una función objetivo alcanza respectivamente su nivel más alto o bajo posible bajo determinadas restricciones (Livernois et al., 2022).

3.2.1.6. Asimetría y curtosis

La asimetría mide el grado de sesgo de una distribución respecto a la simetría, indicando la concentración relativa de observaciones hacia valores altos o bajos en variables económicas y financieras. Por otro lado, la curtosis evalúa el grado de concentración de la distribución y el comportamiento de sus colas, permitiendo caracterizar la frecuencia y magnitud de valores extremos en el análisis cuantitativo de datos (Chang & Mcaleer, 2012).

3.2.2. Nivel explicativo

Este enfoque de investigación se orienta a identificar y analizar las causas que originan los fenómenos físicos o sociales, se enfoca en explicar por qué ocurre un fenómeno, las condiciones que se representan y las relaciones existentes entre dos o más variables, con el fin de lograr una comprensión integral del fenómeno estudiado (Hernández Sampieri et al., 2014).

3.2.2.1. Ecuación

$$\text{Crecimiento económico}_{it} = \beta_0 + \beta_1 Emisiones\ de\ CO2 + \beta_2 Intensidad\ Energética + \beta_3 Consumo\ de\ energía\ eléctrica + \beta_4 Población\ urbana + u_{it}$$

Donde:

u_{it} : Termino de error

β_0: Intercepto o constante del modelo

En este marco, el modelo se orientó a evaluar la relación entre el crecimiento económico y factores asociados al ámbito energético y ambiental. La regresión considera como variables explicativas el consumo de energía eléctrica, la intensidad energética, la población urbana y las emisiones de CO_2. El propósito de esta aplicación es determinar cuáles de estas variables presentan una relación estadísticamente significativa con el crecimiento económico en los países examinados durante el periodo de estudio.

Para la validación de los supuestos se siguieron estos pasos:

Seleccionar la variable dependiente y las variables explicativas, verificar los supuestos del modelo, interpretar el modelo y la bondad de ajuste del modelo (Vilà et al., 2019). Además, para la construcción del modelo fue fundamental el modelo tipo panel de datos, dado que este puede clasificarse como panel corto o largo. Un panel corto se presenta cuando el número de unidades de corte transversal supera al número de periodos temporales, mientras que un panel largo ocurre cuando la dimensión temporal es mayor que el número de unidades transversales (Gujarati & Porter, 2010).

3.2.2.2. Efectos fijos y aleatorios

En modelo de efectos fijos asume que las características de individuales no observadas permanecen invariantes en el tiempo y pueden estar relacionadas con las variables

explicativas, permitiendo así controlar la heterogeneidad no observable propia de cada unidad de análisis. Por otro lado, el modelo de efectos aleatorios considera dichas características como componentes estocásticos que no presentan correlación con las regresores, lo que, bajo este supuesto, posibilita obtener estimaciones más deficientes (Baltagi, 2021)

3.2.2.3. Test de Hauman

El test de Husman actúa como un contraste de especificación que permite comparar los modelos de efectos fijos y efectos aleatorios, con el objetivo de determinar si los efectos individuales no observados presentan correlación con las variables explicativas. Este procedimiento se fundamenta en la comparación de las diferencias entre los coeficientes estimados por ambos modelos, así como en la discrepancia de sus varianzas. Si obtiene un p-valor mayor a 0,05 se opta por efectos aleatorios puesto que resulta consistente, debido a su mayor eficiencia; de lo contrario, al obtenerse un p-valor menor a 0,05, se selecciona el modelo de efectos fijos, dado que garantiza estimaciones consistentes (Asteriou & Hall, 2022; Croissant & Millo, 2019)

3.3 Operacionalización de las variables

Tabla 2.

Variable dependiente: Crecimiento económico.

Variable	Conceptualización	Dimensiones o Categorías	Indicadores	Ítems	Método / Instrumento
Crecimiento económico	Se refiere al incremento sostenido de la producción de bienes y servicios de un país, medido usualmente a través del PIB real per cápita. Refleja el avance del nivel de ingreso, el desempeño productivo y la capacidad de generación de valor agregado de la economía.	Dinámica macroeconómica	- PIB per cápita (UMN a precios constantes)	- Valor anual del PIB per cápita - Variación anual del PIB per cápita	Análisis documental / Ficha de análisis

Nota. La tabla indica la operacionalización de la variable dependiente: Crecimiento económico. Fuente: Elaboración propia (2025)

Tabla 3.

Variable independiente: Presiones ambientales y sociales.

Variable	Conceptualización	Dimensiones o Categorías	Indicadores	Ítems	Método / Instrumento
Consumo de energía eléctrica	Representa el nivel promedio de energía eléctrica utilizada por habitante en un período determinado. Este indicador refleja tanto el grado de actividad económica como la presión ambiental asociada al uso de recursos energéticos y a los patrones de consumo.	Presión ambiental	- Consumo de energía eléctrica (kWh per cápita)	- Valor anual del consumo de energía eléctrica per cápita	Análisis documental / Ficha de análisis
Intensidad energética	Cantidad de energía eléctrica requerida para generar una unidad de producto económico. Constituye un indicador de eficiencia energética y permite analizar la presión ambiental derivada del uso intensivo de	Presión ambiental	- Consumo de energía eléctrica (kWh per cápita) / PIB per cápita (UMN a precios constantes)	- Valor anual de la intensidad energética	Análisis documental / Ficha de análisis)

Variable	Conceptualización	Dimensiones o Categorías	Indicadores	Ítems	Método / Instrumento
	energía en los procesos productivos y su relación con el desempeño económico.				
Población urbana	Proporción de la población que reside en áreas urbanas respecto al total poblacional. Este indicador refleja presiones sociales asociadas a la concentración demográfica, tales como la demanda de infraestructura, servicios básicos, vivienda y empleo, las cuales pueden incidir positiva o negativamente sobre el crecimiento económico.	Presión social	- Población urbana (% de la población total)	- Valor anual del porcentaje de población urbana	Análisis documental / Ficha de análisis
Emisiones de CO_2	Cantidad de emisiones de dióxido de carbono generadas por las actividades económicas y energéticas, excluyendo las emisiones	Presión ambiental	- Emisiones de CO_2 per cápita (CO_2/cápita)	- Valor anual de las	Análisis documental /

Variable	Conceptualización	Dimensiones o Categorías	Indicadores	Ítems	Método / Instrumento
	derivadas del uso del suelo, el cambio de uso del suelo y la silvicultura. Este indicador permite medir la magnitud de la presión ambiental ejercida por los procesos productivos sobre el crecimiento económico.			emisiones de CO_2 per cápita	Ficha de análisis

Nota. La tabla indica la operacionalización de la variable independiente: Presiones ambientales y sociales. Fuente: Elaboración propia (2025)

CAPÍTULO IV

En esta investigación se presentan los resultados derivados del análisis empírico orientado a evaluar el efecto de las emisiones de CO_2, la intensidad energética, el consumo de energía eléctrica y la población urbana sobre el crecimiento económico medido mediante el PIB per cápita, considerando las diferencias estructurales existentes entre países de la región.

El estudio se llevó a cabo con una muestra conformada por 19 países latinoamericanos: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Haití, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana y Uruguay, para el período 2000–2021. La información fue recopilada del Banco Mundial, lo que permitió disponer de una base homogénea y comparable en el tiempo para el conjunto de economías analizadas.

Antes de estimar el modelo, se aplicó un Análisis Exploratorio de Datos (AED) con el fin de describir el comportamiento de las series, identificar tendencias, variabilidad y posibles valores atípicos, además de reconocer asociaciones preliminares entre las variables. Posteriormente, se estimó un modelo econométrico de datos de panel, este enfoque permitió observar simultáneamente la dimensión temporal y transversal de la muestra, y capturar tanto los cambios a lo largo del tiempo como las particularidades propias de cada país. De esta manera, este capítulo presentó la evidencia empírica que permitió interpretar cómo la evolución de los factores energéticos, ambientales y urbanos se relacionaron con el crecimiento económico en América Latina durante el período de análisis.

RESULTADOS

4.1 Resultados y discusión

Tabla 4.

Estadísticos descriptivos tabla general de las variables estudiadas por países y periodos

Estadísticos		PIB	Emisión CO_2	Intensidad energética	C.Energía eléctrica	Población urbana
Media		2967,26	1,944	0,0855778	1471,302	70,30
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2314,44	1,8348	0,0757625	1382,225	68,97
	Límite superior	3620,08	2,0533	0,0953932	1560,379	71,62
Media recortada al 5%		1816,25	1,8919	0,0765568	1425,502	70,42
Mediana		23,05	1,7217	0,021688	1354,714	70,49
Varianza		46105063,73	1,291	0,01	858388,905	190,37
Desv. Desviación		6790,07	1,13602	0,10208992	926,493	13,80
Mínimo		2,57	0,2	0,00004	24,030	35,60
Máximo		32551,16	4,96	0,43844	4306,720	95,60
Rango		32548,59	4,76	0,43839	4282,690	60,00
Rango intercuartil		378,67	1,34	0,16759	1337,830	20,13
Asimetría		2,67	0,879	1,011	0,726	-0,09
Curtosis		6,75	0,053	0,002	0,082	-0,83

Nota. Descriptivos de los indicadores descriptivos las variables estudiadas por países y periodos. Fuente: Elaboración propia.

El PIB per cápita, registra una media de 2967,26, con un intervalo de confianza al 95% entre 2314,44 y 3620,08 UMN, lo que reflejó una estimación relativamente precisa del promedio regional. Sin embargo, la desviación estándar (6790,07), el máximo

(32551,16) y la asimetría positiva (2,67) evidenciando una distribución claramente sesgada hacia valores superiores, donde pocas observaciones con niveles de ingreso muy altos elevaron el promedio. Asimismo, la curtosis (6,75) apunta a colas más pronunciadas de lo normal, reforzando la idea de valores atípicos y, por tanto, de una marcada heterogeneidad entre países. Este comportamiento es compatible con evidencia empírica para América Latina puesto que muestra que, al analizar relaciones macroeconómicas y ambientales en panel, la heterogeneidad entre países y la dependencia transversal suelen condicionar los resultados agregados, por lo que los promedios regionales tienden a ocultar trayectorias nacionales muy diferenciadas (Jardón et al., 2017).

Respecto a las emisiones de CO_2, la media fue 1,944, mientras que la mediana (1,7217) se mantuvo por debajo de la media, lo cual junto con la asimetría positiva (0,879) indica que existieron observaciones con emisiones relativamente altas que elevaron el promedio, aunque sin dominar completamente el centro de la distribución (media recortada: 1,8919). El rango (mínimo 0,2; máximo 4,96) reforzó la idea de diferencias relevantes en desempeño ambiental entre países. Este patrón se sustenta en estudios regionales que analizan simultáneamente crecimiento económico, consumo de energía eléctrica, intensidad energética, emisiones de CO_2 y urbanización, encontrando interacciones de largo plazo y señalando que no es apropiado generalizar un único patrón entre crecimiento económico y emisiones CO_2 para toda América Latina; además, se reporta ausencia de evidencia robusta de una curva ambiental de Kuznets para el conjunto regional (H. Valencia et al., 2020).

En la intensidad energética, la media fue 0,0855778, pero la dispersión fue elevada, dado que la desviación estándar (0,10208992) superó a la media y el máximo (0,43884) alejándose fuertemente del mínimo (0,00004). La asimetría positiva (1,011) evidenció que algunas economías presentaron intensidades energéticas considerablemente mayores, asociadas a una combinación de menor eficiencia y estructuras productivas más intensivas en energía. Además, es evidente que la intensidad energética en componentes de eficiencia y estructura económica, muestra que en países latinoamericanos los cambios en intensidad responden tanto a mejoras tecnológicas como a transformaciones sectoriales, por lo que se observó heterogeneidad marcada entre países (Jiménez & Mercado, 2013).

En el consumo de energía eléctrica, la media fue 1471,302 y la cercanía entre media, mediana (1354,714) y media recortada (1425,502) sugirió un centro relativamente estable, aunque con presencia de valores altos (máximo 4306,720) que explicaron la asimetría positiva (0,726) y la variabilidad (desviación estándar 926,493). Este comportamiento resulta consistente con evidencia para América Latina que encuentra relaciones de largo plazo y retroalimentación entre consumo eléctrico y crecimiento económico en panel, lo cual justifica la inclusión de esta variable como determinante del PIB per cápita y también explica por qué algunos países se ubican muy por encima del promedio regional (Bazán Navarro et al., 2024).

Finalmente, la población urbana presentó una media de 70,30 y un centro muy consistente (mediana 70,49; media recortada 70,42), con asimetría casi nula (-0,09), lo que reflejó una urbanización alta y relativamente homogénea en el promedio regional; sin embargo, el rango (35,60–95,60) confirmó diferencias sustanciales entre países. Estas diferencias son relevantes porque la evidencia para ciudades latinoamericanas muestra que la forma de expansión urbana se asocia con variaciones en emisiones de CO_2: mayor densidad tiende a reducir CO_2, mientras que mayor suburbanización puede incrementarlo, lo que justifica que la urbanización sea un determinante estructural clave en el análisis energético ambiental (Van der Borght & Pallares Barbera, 2023).

Tabla 5.

Estadísticos descriptivos tabla de Norteamérica(México)

		Norteamérica				
		Crecimiento económico	Emisiones de CO_2	Intensidad energética	C.Energía eléctrica	Población urbana
Media		182,5107	4,0506	0,0118468	2138,8846	77,9316
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	179,5992	3,9438	0,0114433	2041,1853	77,0719
	Límite superior	185,4222	4,1573	0,0122503	2236,5840	78,7914
Media recortada al 5%		182,5018	4,0716	0,0117880	2129,3529	77,9384

Mediana	183,4547	4,0726	0,0117217	2104,2045	77,9630
Varianza	43,121	0,058	0,000	48555,759	3,760
Desv. Desviación	6,56663	0,24080	0,00091007	220,35371	1,93918
Mínimo	171,03	3,37	0,01037	1805,48	74,72
Máximo	194,08	4,33	0,01446	2650,74	81,02
Rango	23,05	0,96	0,00408	845,26	6,29
Rango intercuartil	9,75	0,28	0,00120	260,44	3,42
Asimetría	0,033	-1,370	1,076	0,612	-0,047
Curtosis	-0,945	2,198	1,905	0,152	-1,184
Coeficiente de variación	3,60	5,94	7,68	10,30	2,49
Q1	177,10	3,95	0,01	2002,39	76,23
Q2	186,85	4,22	0,01	2262,83	79,65

Nota. Estadísticos descriptivos de Norteamérica(México). Fuente: Elaboración propia.

En Norteamérica(México), el crecimiento económico presentó una media de 182,51, con un IC 95% entre 179,60 y 185,42, lo que sugirió una estimación estable del promedio del grupo. La mediana (183,45) y la media recortada al 5% (182,50) fueron prácticamente coincidentes, indicando que los valores extremos tuvieron poca influencia sobre la tendencia central. Además, la asimetría (0,033) fue casi nula y la curtosis (-0,945) apuntó a una distribución relativamente aplanada, coherente con un comportamiento bastante homogéneo. La dispersión fue moderada (6,57) y el rango intercuartílico (9,75) mostró que la mitad de las observaciones se concentró aproximadamente entre Q_1 = 177,10 y $Q_3 \approx$ 186,85, reforzando la idea de similitudes internas en el nivel de desempeño económico dentro del bloque. Fue evidente que en economías como Canadá y EE. UU., los vínculos entre actividad económica y demanda energética debían leerse considerando cambios estructurales y quiebres en el tiempo, debido a que la variabilidad no se disparó pese a diferencias puntuales entre países (Rodríguez-Caballero & Ventosa-Santaulària, 2017).

En cuanto a las emisiones de CO_2, la media fue 4,05, y nuevamente la cercanía entre mediana (4,07) y media recortada (4,07) sugirió que el centro de la distribución fue robusto. Sin embargo, la asimetría negativa (-1,37) indicó que existió un subconjunto de observaciones por debajo del promedio (mínimo 3,37) que desplazó la cola hacia la izquierda, mientras que la curtosis (2,198) reveló una distribución más concentrada alrededor de la media, pero con presencia de valores relativamente extremos. A nivel

estructural, esto reflejó diferencias en matriz energética, estructura productiva y eficiencia; incluso con niveles de ingreso relativamente comparables, algunos países lograron sostener menores emisiones per cápita. Esta interpretación se alineó con hallazgos para Norteamérica que documentaron relaciones de largo plazo entre crecimiento, consumo eléctrico y emisiones, además de la posibilidad de patrones tipo Curva de Kuznets Ambiental, donde el crecimiento pudo asociarse inicialmente con mayores emisiones antes de mostrar señales de desacople en etapas posteriores (Rosado, 2017).

Respecto a la intensidad energética, la media (0,01185) se ubicó en un intervalo estrecho, y la proximidad entre mediana (0,01172) y media recortada (0,01179) confirmó estabilidad en el centro. No obstante, la asimetría positiva (1,076) evidenció una cola hacia valores altos (máximo 0,01446), lo que sugirió que algunas observaciones requirieron más energía por unidad de producto que el promedio regional. La curtosis (1,905) reforzó la idea de concentración con presencia de valores elevados, y el coeficiente de variación (7,68) indicó una dispersión relativa mayor que la observada en crecimiento económico. En términos de política pública, este patrón se asoció con diferencias en eficiencia, composición sectorial y tecnología. Un referente directo fue la evidencia para Canadá, donde se mostró que la reducción de la intensidad energética respondió tanto a cambios estructurales como a mejoras en eficiencia, marcando rutas concretas para disminuir presión ambiental sin sacrificar producción (Torrie et al., 2016).

El consumo de energía eléctrica registró una media de 2138,88, mientras que la mediana (2104,20) y la media recortada (2129,35) mantuvieron coherencia con una tendencia central relativamente firme. Aun así, la dispersión fue más marcada (220,35) y el rango (845,26) mostró brechas relevantes entre el mínimo (1805,48) y el máximo (2650,74). La asimetría positiva (0,612) sugirió que existieron observaciones con consumos particularmente altos que elevaron la media, y el coeficiente de variación (10,30) confirmó que esta variable fue una de las más heterogéneas del bloque. Esto fue esperable en Norteamérica debido a diferencias en patrones de electrificación, clima, estructura industrial y eficiencia del sistema eléctrico. En la literatura regional se destacó que la matriz energética norteamericana combinó fuentes renovables y no renovables, y que el ajuste del consumo fue clave porque el sector energético, incluido

el eléctrico, condicionó directamente tanto la competitividad como la sostenibilidad (Lagunas Puls et al., 2020).

Finalmente, la población urbana mostró una media de 77,93%; la mediana (77,96%) y la media recortada (77,94%) prácticamente replicaron el promedio, lo que sugirió alta consistencia y baja sensibilidad a extremos. La asimetría (-0,047) fue casi nula y la curtosis (-1,184) apuntó a una distribución aplanada, con variabilidad moderada. Este resultado describió un bloque ampliamente urbanizado y relativamente homogéneo en su patrón de asentamiento. Este rasgo fue crucial para interpretar el resto de variables: la urbanización concentró demanda energética y actividad económica, y por tanto también presiones ambientales. De hecho, se documentó que las ciudades explicaron una proporción muy alta de emisiones asociadas al consumo de energía y que, específicamente en Norteamérica, esa participación pudo ser aún mayor, lo que volvió estratégicas las políticas urbanas para moderar emisiones sin frenar el desempeño económico (Luqman et al., 2023).

Tabla 6.

Estadísticos descriptivos tabla de Sudamérica

		Sudamérica				
		Crecimiento económico	Emisiones de CO_2	Intensidad energética	C.Energía eléctrica	Población urbana
Media		5545,4177	2,2439	0,0879557	1858,9208	77,6810
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4280,7492	2,0836	0,0760511	1718,2209	75,9925
	Límite superior	6810,0861	2,4043	0,0998602	1999,6206	79,3695
Media recortada al 5%		4455,7040	2,1891	0,0845292	1815,1484	77,8382
Mediana		19,4080	1,9135	0,0856246	1555,6258	78,4175
Varianza		81427279,362	1,309	0,007	1007868,349	145,149
Desv. Desviación		9023,70652	1,14405	0,08494173	1003,92647	12,04776
Mínimo		2,60	0,70	0,00004	400,87	55,33

Máximo	32551,16	4,96	0,26347	4306,72	95,60
Rango	32548,56	4,26	0,26343	3905,85	40,27
Rango intercuartil	9784,43	1,13	0,17365	1695,32	23,13
Asimetría	1,559	0,913	0,246	0,512	-0,227
Curtosis	1,347	-0,263	-1,509	-0,741	-1,319
Coeficiente de variación	162,72	50,98	96,57	54,01	15,51
Q1	9,63	1,45	0,00	954,14	64,31
Q2	9794,06	2,57	0,17	2649,46	87,44

Nota. Estadísticos descriptivos de Sudamérica. Fuente: Elaboración propia.

En Sudamérica, el crecimiento económico reportó una media de 5545,42, lo que dio una referencia del nivel promedio del bloque; sin embargo, la dispersión fue muy alta (9023,71) y la asimetría positiva (1,559) evidenció una cola hacia valores elevados (máximo 32551,16). Esto sugirió una heterogeneidad marcada entre países: pocas observaciones con niveles económicos muy superiores elevaron el promedio, mientras una parte importante se mantuvo por debajo. Además, la mediana reportada (19,41) apareció muy distante de la media, lo que pudo reflejar alta asimetría, por lo que convino revisar la codificación antes de comparar los "centros" de la distribución. Para Sudamérica se mostró que el desempeño económico se vinculó estrechamente con la dinámica energética y que los resultados agregados solieron ocultar trayectorias nacionales distintas, lo cual fue consistente con la dispersión observada (Apergis & Payne, 2010).

En las emisiones de CO_2, la media fue 2,2439; la presencia de un máximo de 4,96 frente a un mínimo de 0,70, junto con una asimetría positiva (0,913), indicó que existieron países con emisiones relativamente altas que empujaron el promedio hacia arriba. La curtosis ligeramente negativa (-0,263) sugirió una distribución algo más aplanada que la normal, coherente con una variabilidad relevante dentro del grupo (1,1441). Este patrón fue compatible con evidencia para América Latina que encontró que la relación entre actividad económica y CO_2 no fue uniforme entre países y dependió de sus estructuras productivas y energéticas, por lo que fue esperable observar dispersión y colas hacia niveles más altos de emisiones (Jardón et al., 2017).

En la intensidad energética, la media (0,08796) mostró un nivel promedio relativamente acotado; no obstante, el mínimo (0,00004) y el máximo (0,26347)

evidenciaron grandes diferencias en cuánta energía se requirió para generar una unidad de producto, algo reforzado por el CV = 96,57. La asimetría (0,246) fue leve, pero la curtosis negativa (-1,509) indicó una distribución más plana y extendida, consistente con heterogeneidad estructural y tecnológica. Este comportamiento fue coherente con trabajos para países latinoamericanos que descompusieron la intensidad energética y mostraron que sus cambios respondieron tanto a eficiencia como a estructura sectorial, lo que explicó por qué el indicador pudo variar considerablemente entre economías del mismo bloque (Jiménez & Mercado, 2013).

El consumo de energía eléctrica presentó una media de 1858,92 y una variabilidad considerable (1003,93), con valores que fueron desde 400,87 hasta 4306,72. La asimetría positiva (0,512) sugirió la presencia de países con consumos notablemente altos que elevaron la media, mientras que la curtosis negativa (-0,741) apuntó a una distribución relativamente aplanada, típica de indicadores con diferencias estructurales. La evidencia para Sudamérica documentó vínculos causales entre consumo eléctrico y crecimiento económico, por lo que esta dispersión fue consistente con la idea de que el uso de electricidad reflejó el nivel de actividad y el tipo de estructura productiva de cada país (Yoo & Kwak, 2010).

Finalmente, la población urbana registró una media de 77,68%, con dispersión moderada (12,05) y un rango amplio (55,33–95,60), lo que indicó que el bloque estuvo altamente urbanizado, pero con diferencias relevantes entre países. La asimetría negativa (-0,227) sugirió una leve concentración hacia valores altos y la curtosis negativa (-1,319) reforzó una distribución extendida, coherente con trayectorias urbanas distintas. En términos ambientales, esto fue crucial porque en Sudamérica la urbanización solía relacionarse con cambios en demanda energética, transporte y estructura industrial; de hecho, se encontró que variables como urbanización y PIB contribuyeron a explicar variaciones en CO_2 en países sudamericanos, lo que justificó su inclusión como determinante estructural en análisis de panel (Bayramli & Karimli, 2024).

Tabla 7.

Estadísticos descriptivos tabla de Centroamérica

	Centroamérica				
	Crecimiento económico	Emisiones de CO_2	Intensidad energética	C.Energía eléctrica	Población urbana

Media		988,8580	1,3036	0,0813171	1043,8421	60,1533
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	607,0080	1,2083	0,0651444	937,9735	58,5836
	Límite superior	1370,7081	1,3990	0,0974898	1149,7108	61,7230
Media recortada al 5%		709,1128	1,2519	0,0754868	1012,4863	59,8779
Mediana		20,8664	1,1051	0,0280332	718,2264	59,0320
Varianza		4918155,718	0,307	0,009	378051,766	83,105
Desv. Desviación		2217,69153	0,55373	0,09392716	614,85914	9,11622
Mínimo		2,93	0,72	0,00028	329,13	45,33
Máximo		7370,28	3,09	0,27239	2419,57	81,43
Rango		7367,35	2,37	0,27212	2090,44	36,09
Rango intercuartil		16,49	0,74	0,13214	1056,48	14,30
Asimetría		1,937	1,379	0,975	0,781	0,276
Curtosis		1,993	1,083	-0,678	-0,909	-0,658
Coeficiente de variación		224,27	42,48	115,51	58,90	15,15
Q1		11,52	0,88	0,02	564,06	52,32
Q2		28,01	1,62	0,15	1620,54	66,61

Nota. Estadísticos descriptivos de Centroamérica. Fuente: Elaboración propia.

En Centroamérica, el crecimiento económico registró una media de 988,86, lo que delimitó el promedio del bloque; sin embargo, la desviación estándar (2217,69), el máximo (7370,28) y la asimetría positiva (1,937) evidenciaron una distribución con cola derecha marcada, donde pocas observaciones con valores altos elevaron la media. Esto se reforzó porque la media recortada al 5% fue sensiblemente menor, lo que sugirió influencia de valores extremos y, por ende, heterogeneidad entre países. Este patrón fue consistente con la evidencia para Centroamérica basada en datos de panel, donde se documentó un vínculo de largo plazo entre energía y crecimiento y se enfatizó que las diferencias estructurales entre economías generaron trayectorias de desempeño no homogéneas (Apergis & Payne, 2010).

En emisiones de CO_2, la media fue 1,3036; además, la mediana (1,1051) y la media recortada (1,2519) quedaron por debajo del promedio y, junto con la asimetría positiva (1,379), sugirieron que ciertas observaciones con emisiones relativamente altas (máximo 3,09) empujaron la media hacia arriba. La curtosis (1,083) indicó una concentración moderada alrededor del centro, aunque con presencia de extremos, mientras el IQR (0,74) mostró que el 50% central se agrupó en un intervalo relativamente acotado. Esta dinámica coincidió con evidencia para América Latina que mostró que la relación entre actividad económica y emisiones de CO_2 no siguió un patrón único entre países, sino que pudo adoptar comportamientos no lineales y diferir en función de la estructura productiva y, especialmente, de la matriz y uso de energía, por lo que fue esperable observar dispersión y colas en la distribución (Al-Mulali et al., 2015).

En la intensidad energética, la media (0,0813) describió un promedio relativamente bien delimitado; no obstante, el máximo (0,2724), la desviación estándar (0,0939) y la asimetría positiva (0,975) evidenciaron que existieron casos donde se requirió mucha más energía para generar una unidad de producto, lo cual se asoció con diferencias en eficiencia, tecnología y composición sectorial. La curtosis negativa (-0,678) reforzó una distribución más extendida (platicúrtica), coherente con heterogeneidad estructural entre economías. Además, investigaciones que descompusieron la intensidad energética en eficiencia y mezcla de actividades en países latinoamericanos mostraron que ambos componentes explicaron variaciones sustanciales entre países (Jiménez & Mercado, 2013).

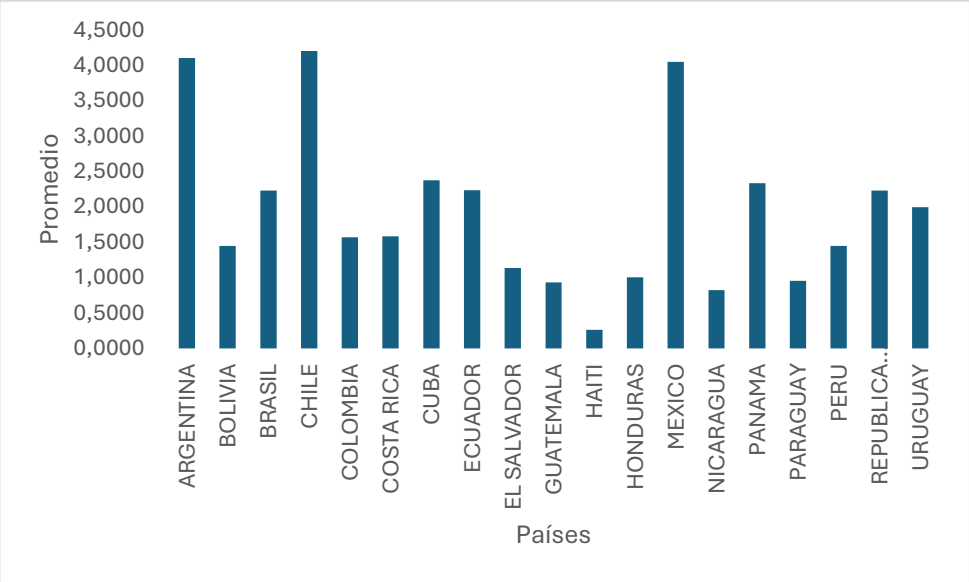
El consumo de energía eléctrica alcanzó una media de 1043,84; sin embargo, la mediana (718,23) fue menor que la media, y el rango (329,13–2419,57), junto al IQR (1056,48), reveló brechas importantes entre observaciones. La asimetría positiva (0,781) indicó que algunos consumos altos elevaron el promedio, mientras la curtosis negativa (-0,909) sugirió una distribución relativamente aplanada. Este patrón fue consistente con evidencia reciente en panel para la región, que encontró efectos de retroalimentación de largo plazo entre crecimiento económico y consumo eléctrico, lo cual ayudó a explicar por qué existieron países situados muy por encima del promedio (Bazán Navarro et al., 2024).

Finalmente, la población urbana mostró una media de 60,15% y una tendencia central estable (mediana 59,03%; media recortada 59,88%); no obstante, el rango (45,33%–

81,43%) y el IQR (14,30) evidenciaron diferencias relevantes en el grado de urbanización dentro del bloque. La asimetría (0,276) fue leve y la curtosis (-0,658) confirmó una distribución aplanada, compatible con trayectorias urbanas diversas. Esto fue importante porque se documentó que, en países en desarrollo, la urbanización pudo modificar las emisiones de CO_2 y que su relación pudo ser no lineal, lo que justificó su incorporación como determinante estructural en modelos ambientales (Martinez & Maruotti, 2011).

Figura 3.

Emisiones de $\mathbf{CO_2}$ *por país*



Nota. Diagrama de barras de las emisiones de CO_2 por país. Fuente: Elaboración propia.

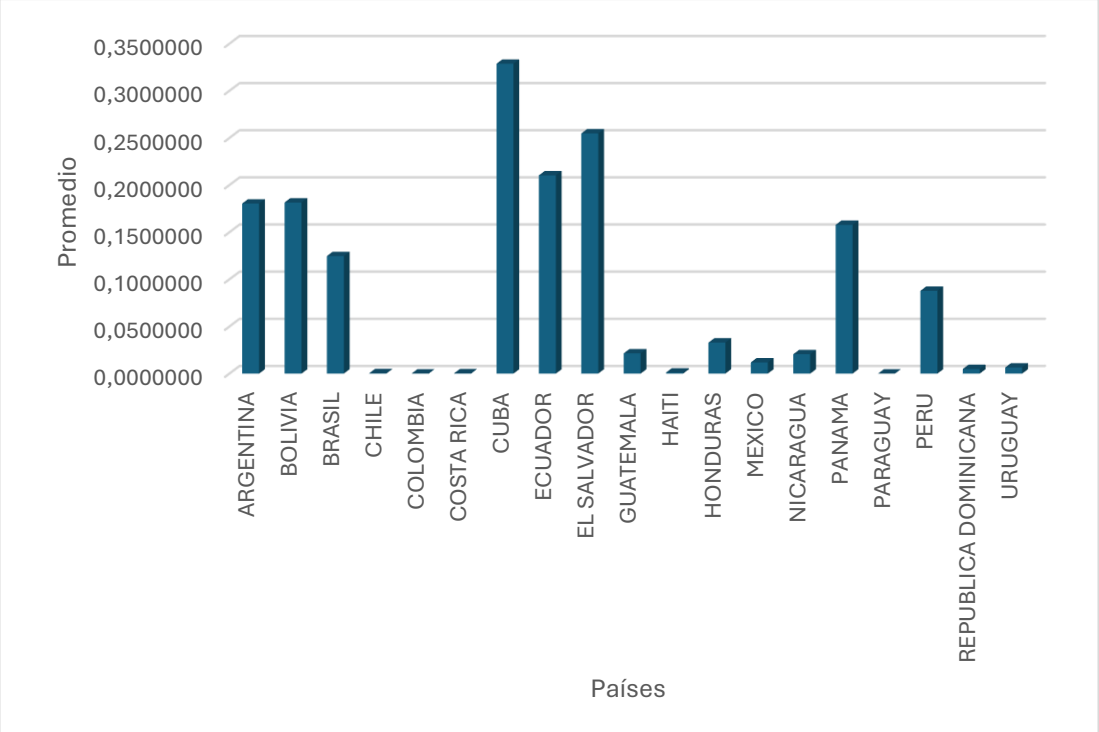
El gráfico de barras permitió visualizar con mayor claridad el promedio de las emisiones de CO_2 per cápita de los países latinoamericanos analizados. Se evidenció una marcada heterogeneidad: Chile, Argentina y México se ubicaron en el tramo superior del gráfico, por lo que actuaron como economías que elevaron el promedio regional; en un nivel intermedio se observaron países como Brasil, Cuba, Ecuador, Panamá y República Dominicana (alrededor de 2–2,5), mientras que en el extremo inferior destacaron Haití (notablemente más bajo) y, por debajo del promedio, Guatemala, Honduras, Nicaragua y El Salvador. Este patrón fue coherente con evidencia para América Latina que sostuvo que las emisiones dependieron de la interacción entre crecimiento, uso de energía eléctrica y urbanización, por lo que no se esperó un comportamiento uniforme entre países (Valencia-Herrera et al., 2020)

En la parte alta del gráfico, la posición de México, Argentina y Chile sugirió que los mayores niveles de CO_2 se asociaron con economías de mayor escala relativa y demanda energética más intensa, donde la estructura productiva y la matriz energética tendieron a traducirse en promedios superiores de emisiones. En este sentido, estudios recientes para América Latina mostraron que la dinámica de emisiones presentó persistencia y comportamientos diferenciados entre países, lo cual ayudó a explicar por qué algunos se concentraron sistemáticamente en la parte superior de la distribución (Asturias-Schaub & Gil-Alana, 2023).

En contraste, los países ubicados en la parte bajan, como Haití, reflejaron un perfil consistente con menor intensidad de actividad económica y menor consumo energético por habitante, lo cual solió traducirse en promedios reducidos de CO_2. Este resultado fue compatible con la evidencia regional que cuestionó la idea de "crecer y esperar" para que la contaminación disminuyera automáticamente y destacó que, en América Latina, las emisiones pudieron presentar dinámicas de relocalización y trayectorias heterogéneas entre economías, por lo que los niveles bajos de CO_2 no necesariamente implicaron un proceso de transición tecnológica, sino también diferencias estructurales de base productiva (Zilio & Ángeles Caraballo, n.d.).

Figura 4.

Intensidad energética por país



Nota. Diagrama de barras de la intensidad energética por país. Fuente: Elaboración propia.

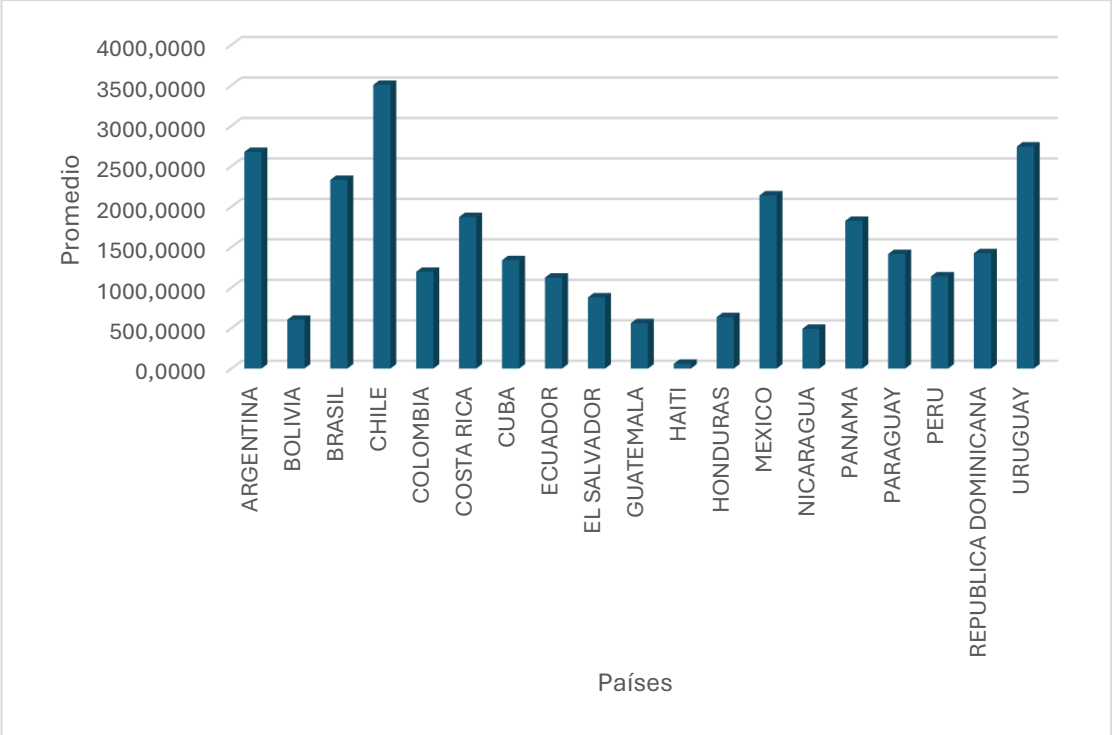
El gráfico de barras de intensidad energética permitió comparar el promedio de energía utilizada para generar una unidad de producto entre los países latinoamericanos analizados. En términos interpretativos, una intensidad energética más alta implicó que el país requirió más energía por unidad de PIB, lo que se asoció con menor eficiencia energética y con una estructura productiva relativamente más intensiva en energía; mientras que valores más bajos sugirieron un uso más eficiente o una mayor participación de actividades menos intensivas. Este enfoque fue consistente con la literatura técnica que utilizó la intensidad energética como indicador tradicional para relacionar consumo de energía con actividad económica (PIB) (Blanco-Orozco & Blanco-Orozco, 2018).

En la parte superior del gráfico destacó Cuba como el país con mayor intensidad energética, seguida por El Salvador y Ecuador, lo que evidenció que estas economías demandaron proporcionalmente más energía para sostener su producción. En un nivel intermedio se ubicaron Argentina y Bolivia, además de Paraguay y Brasil, con intensidades también relativamente elevadas. Esta distribución reflejó una heterogeneidad estructural en la región, coherente con estudios que explicaron que la intensidad energética dependió de dos componentes centrales: cambios en la eficiencia energética y cambios en la mezcla de actividades, lo cual generó diferencias persistentes entre países (Jiménez & Mercado, 2013).

En contraste, países como Chile, Colombia, Costa Rica, República Dominicana y Uruguay presentaron intensidades comparativamente muy bajas, lo que sugirió una menor energía por unidad de producto en promedio. En términos de implicaciones, el liderazgo de Cuba en intensidad energética reforzó la pertinencia de políticas orientadas a mejoras de eficiencia, dado que la evidencia aplicada al caso cubano mostró, mediante análisis de descomposición, que los componentes asociados a intensidad influyeron de forma importante en la dinámica del uso de energía y las emisiones, por lo que intervenir sobre este canal pudo mejorar el desempeño energético y ambiental (Hajiyev et al., 2023)

Figura 5.

Consumo de energía eléctrica por país



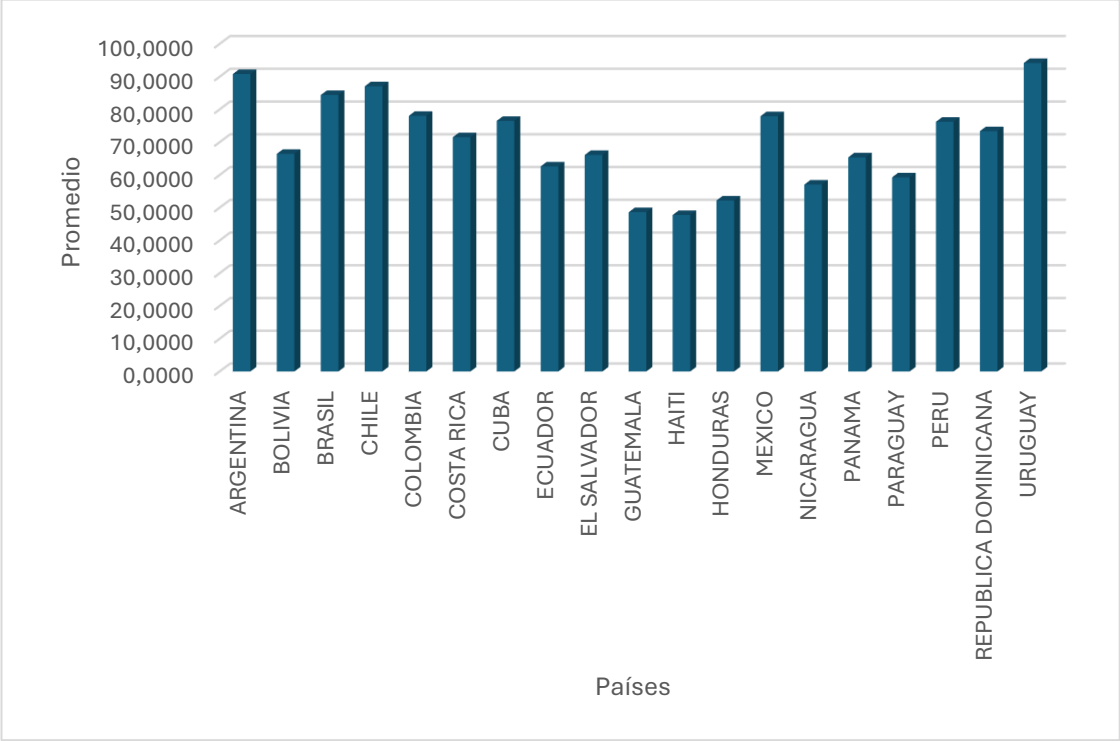
Nota. Diagrama de barras del consumo de energía eléctrica por país. Fuente: Elaboración propia.

El gráfico de barras del consumo de energía eléctrica evidenció diferencias claras en el promedio por país, lo que permitió identificar brechas en el uso de electricidad dentro de América Latina. El consumo eléctrico fue un indicador empleado en la literatura para aproximar la magnitud del uso de electricidad asociado al desempeño productivo y a la demanda interna, siendo útil para evaluar patrones de desarrollo y necesidades de infraestructura energética (Bazán Navarro et al., 2024).

En la parte superior del gráfico se ubicó Chile como el país con el promedio más alto, seguido por Uruguay y Argentina; en un segundo bloque se observaron Brasil y México, mientras que Costa Rica y Panamá se mantuvieron en niveles relativamente elevados. En contraste, los valores más bajos correspondieron a Haití y, posteriormente, a países como Guatemala, Bolivia, Honduras y Nicaragua, lo que sugirió una marcada heterogeneidad regional. Esta dispersión resultó relevante porque el consumo energético se relacionó con el nivel de actividad económica: estudios con datos de panel para América Latina documentaron vínculos de largo plazo entre el consumo de energía y el PIB, indicando que la disponibilidad y uso de energía constituyeron un componente clave para sostener el crecimiento y la dinámica productiva (Barreto & Campo, 2012)

Figura 6.

Población urbana por país



Nota. Diagrama de barras de la población urbana por país. Fuente: Elaboración propia.

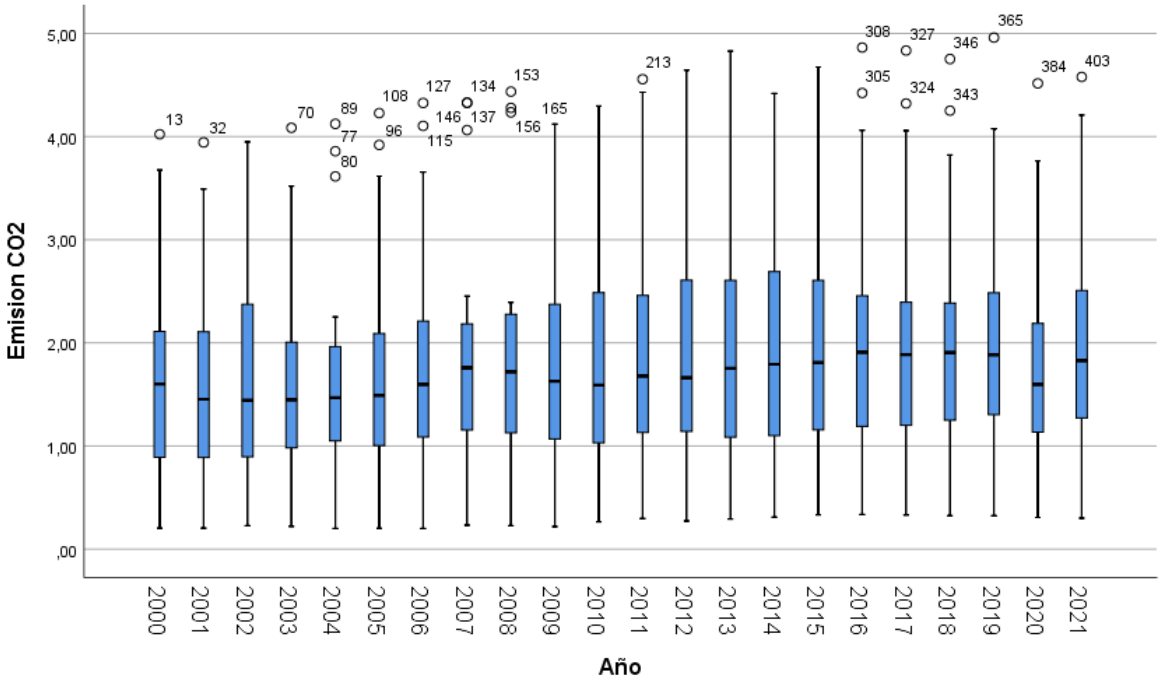
El gráfico de barras presentó el promedio de la población urbana para los países latinoamericanos analizados, lo que permitió comparar el grado de urbanización dentro de la muestra. En este contexto, la urbanización se operacionalizó como la proporción de la población que residió en áreas urbanas respecto del total nacional, una medida ampliamente utilizada en estudios empíricos para evaluar sus efectos sobre variables económicas y ambientales (Martinez & Maruotti, 2011).

En la parte superior del gráfico destacó Uruguay con el mayor nivel promedio de urbanización (cercano al 95%), seguido por Argentina (aprox. 90%) y un grupo también elevado conformado por Chile y Brasil (aprox. 85–90%). En un nivel intermedio se ubicaron Colombia, Cuba, Perú y República Dominicana (alrededor de 75–80%), mientras que México se mantuvo relativamente alto (cercano a 80%). En contraste, los valores más bajos correspondieron a Guatemala y Haití (cercanos al 50%), seguidos por Honduras (55%) y Nicaragua (60%). En conjunto, el patrón reflejó una heterogeneidad relevante: coexistieron países altamente urbanizados con otros donde aún predominó una proporción considerable de población rural.

Estas diferencias fueron analíticamente importantes porque la urbanización solió modificar la estructura de la demanda y, por esa vía, influyó en el uso de energía eléctrica y en la dinámica de emisiones. En evidencia empírica para América Latina, se encontró que el proceso de urbanización interactuó en el largo plazo con el crecimiento económico, el consumo de energía y electricidad, y las emisiones de CO_2, por lo que su incorporación como variable explicativa resultó pertinente al modelar desempeño económico y presión ambiental en datos de panel (Valencia-Herrera et al., 2020).

Figura 7.

Diagrama Box Plot de las emisiones de $\boldsymbol{CO_2}$.



Nota. Diagrama box plot de las emisiones de CO_2 por año. Fuente: Elaboración propia.

El diagrama box plot de las emisiones de CO_2 por año (2000–2021) permitió analizar la evolución temporal del nivel de emisiones, su dispersión entre países y la presencia de valores atípicos a lo largo del periodo. En términos generales, la figura evidenció un comportamiento dinámico y heterogéneo de las emisiones en América Latina, consistente con la literatura que mostró que la relación entre desempeño económico y CO_2 no siguió un patrón único para toda la región, debido a diferencias estructurales y energéticas entre países (Jardón et al., 2017).

Durante los primeros años de la serie, las cajas se presentaron relativamente compactas y ubicadas en niveles más bajos del eje vertical, lo que sugirió que la mediana de las emisiones se concentró alrededor de valores cercanos a 1,5 toneladas métricas y con una dispersión moderada. Este patrón indicó que, al inicio del periodo, la mayoría de los países mantuvo niveles relativamente contenidos y con diferencias aún limitadas entre ellos. A medida que avanzó el tiempo, se observó un desplazamiento progresivo de la mediana hacia valores más elevados, especialmente desde mediados de la década de 2000, reflejando un incremento gradual de las emisiones en el conjunto de países analizados. Este aumento se mantuvo hasta aproximadamente 2013–2015, cuando las medianas se aproximaron a 1,8–2,0 toneladas métricas, evidenciando una intensificación de las presiones ambientales asociadas a la dinámica económica y energética; este comportamiento fue coherente con evidencia que documentó interacciones de largo plazo entre crecimiento económico, consumo de energía/electricidad y emisiones de CO_2 en América Latina (Valencia-Herrera et al., 2020).

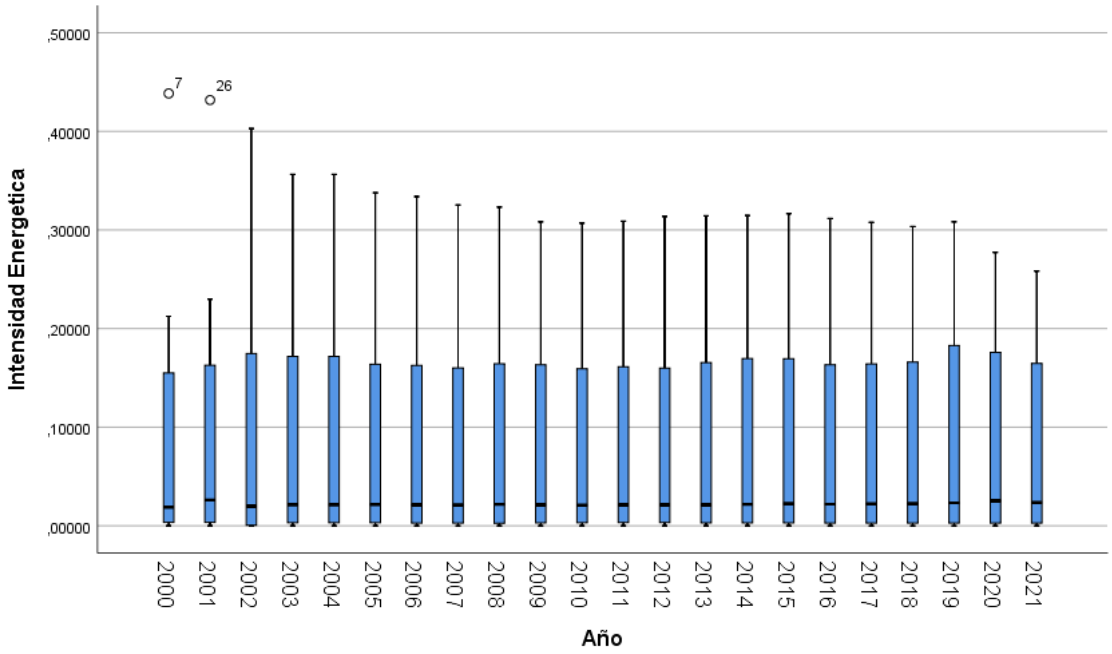
Asimismo, la figura mostró que la altura de las cajas tendió a incrementarse gradualmente en varios tramos, lo que implicó un aumento del rango intercuartílico y, por tanto, una mayor dispersión de las emisiones entre países. Este resultado sugirió trayectorias divergentes: mientras algunos países lograron contener o reducir sus niveles de emisión, otros presentaron incrementos más pronunciados, evidenciando que los esfuerzos de mitigación y las transformaciones productivas no evolucionaron de manera homogénea. La presencia de valores atípicos en el extremo superior fue persistente a lo largo de la serie, con observaciones que superaron 4 y 5 toneladas métricas en distintos años, lo cual apuntó a economías con patrones más intensivos en carbono que elevaron la dispersión general. Esta persistencia y diferenciación temporal fue consistente con estudios de series de tiempo para América Latina que encontraron comportamientos distintos por país y evidencia de dinámica persistente de las emisiones (Asturias-Schaub & Gil-Alana, 2023).

En los años más recientes, si bien las medianas no mostraron incrementos tan marcados como en etapas anteriores, las cajas continuaron siendo relativamente amplias, lo que sugirió que las diferencias entre países persistieron. Este patrón pudo interpretarse como una fase en la que algunos países tendieron a estabilizar o reducir emisiones, mientras otros mantuvieron niveles relativamente altos, generando un comportamiento

agregado heterogéneo. En síntesis, el box plot reveló una tendencia general al aumento de las emisiones en los primeros años, seguida de una etapa de mayor dispersión y diferenciación entre países; por ello, la evidencia respaldó la necesidad de políticas de mitigación diferenciadas y coordinadas, ajustadas a determinantes estructurales (por ejemplo, matriz energética, industrialización y crecimiento) que variaron significativamente entre países (Bayramli & Karimli, 2024).

Figura 8.

Diagrama Box Plot de la intensidad energética.



Nota. Diagrama box plot de la intensidad energética por año. Fuente: Elaboración propia.

El diagrama box plot de la intensidad energética por año, correspondiente al periodo 2000–2021, permitió analizar la evolución temporal del uso de energía en relación con la actividad económica, así como la dispersión de este indicador entre los países considerados (Jiménez & Mercado, 2013). La gráfica mostró un comportamiento relativamente estable en la tendencia central, acompañado de cambios graduales en la variabilidad a lo largo del tiempo. En los primeros años del periodo, se observó que las medianas se situaron en valores bajos, cercanos a 0,02, lo que indicó que, en términos generales, la intensidad energética promedio fue reducida. No obstante, la presencia de bigotes superiores largos y algunos valores atípicos que superaron 0,40 reveló que coexistieron países con niveles de intensidad energética considerablemente

más elevados, lo que evidenció diferencias importantes en eficiencia energética al inicio de la serie.

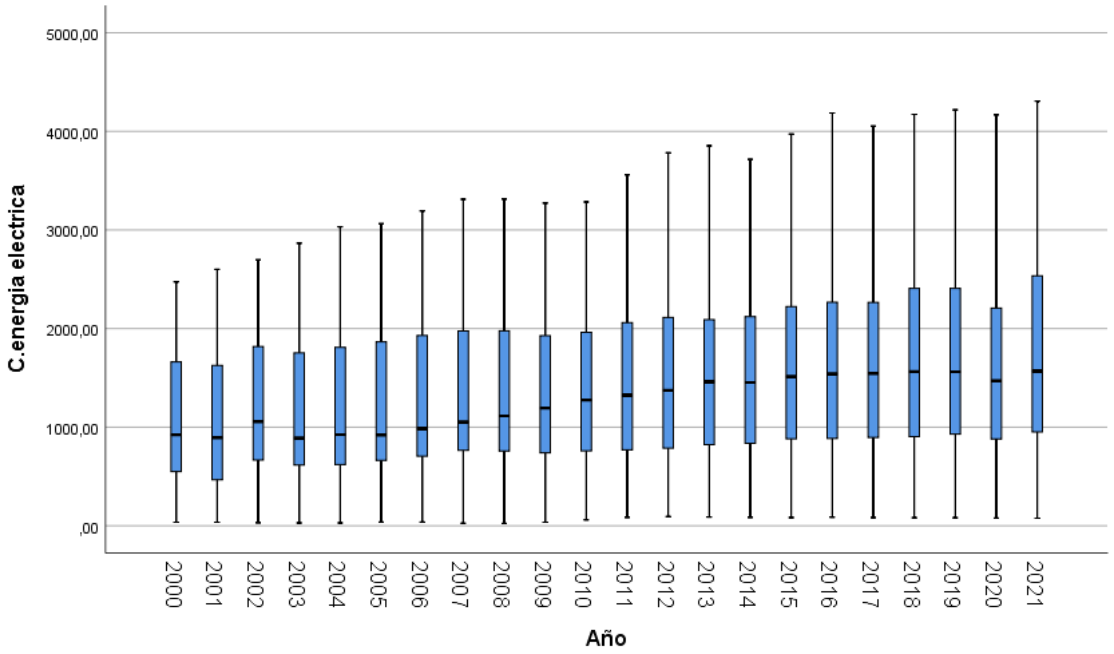
A medida que transcurrió el periodo, las medianas se mantuvieron relativamente constantes, sin mostrar desplazamientos significativos hacia valores más altos o más bajos. Este comportamiento sugirió que, en promedio, no se produjeron cambios abruptos en la relación entre consumo energético y producción económica. Sin embargo, la altura de las cajas aumentó de forma gradual, especialmente a partir de los años centrales de la serie, lo que indicó un ensanchamiento del rango intercuartílico y, por tanto, una mayor dispersión entre los países (Santiago et al., 2020). La evolución de los bigotes superiores mostró una ligera reducción en los valores máximos hacia los años más recientes, pasando de niveles cercanos a 0,40–0,45 en los primeros años a valores más próximos a 0,30 al final del periodo. Este descenso progresivo sugirió que algunos países lograron mejorar su eficiencia energética, reduciendo la cantidad de energía necesaria por unidad de producto.

Por otro lado, los valores mínimos permanecieron muy próximos a cero a lo largo de toda la serie, lo que indicó que un grupo de países mantuvo niveles persistentemente bajos de intensidad energética. Esta estabilidad en el extremo inferior reforzó la idea de que las mejoras en eficiencia no fueron homogéneas, sino que beneficiaron principalmente a los países con niveles inicialmente más elevados (R. Chen & Steinbuks, 2024).

En conjunto, el box plot evidenció que la intensidad energética no experimentó cambios drásticos en su valor central durante el periodo analizado, pero sí mostró una reducción gradual de los valores extremos y una mayor dispersión intermedia. Estos resultados reflejaron un proceso de ajuste progresivo en la eficiencia energética, en el que algunos países avanzaron de forma más acelerada que otros, subrayando la necesidad de políticas diferenciadas que promovieran una reducción sostenida de la intensidad energética en aquellos contextos donde aún se mantuvieron niveles elevados (Carvajal et al., 2024).

Figura 9.

Diagrama Box Plot del consumo de energía eléctrica.



Nota. Diagrama box plot del consumo de energía eléctrica por año. Fuente: Elaboración propia.

El diagrama box plot del consumo de energía eléctrica por año, correspondiente al periodo 2000–2021, permitió analizar la evolución temporal del consumo eléctrico, así como la dispersión y heterogeneidad existente entre los países considerados (Bazán Navarro et al., 2024). La gráfica evidenció un comportamiento crecientemente expansivo del consumo eléctrico a lo largo del tiempo, acompañado de una variabilidad cada vez más marcada. En los primeros años del periodo, las cajas se concentraron en niveles relativamente bajos del eje vertical, con medianas cercanas a los 800–900 kWh, lo que indicó que el consumo eléctrico promedio fue más reducido. Durante esta etapa inicial, los rangos intercuartílicos fueron más estrechos, lo que sugirió una menor dispersión entre países y patrones de consumo relativamente similares.

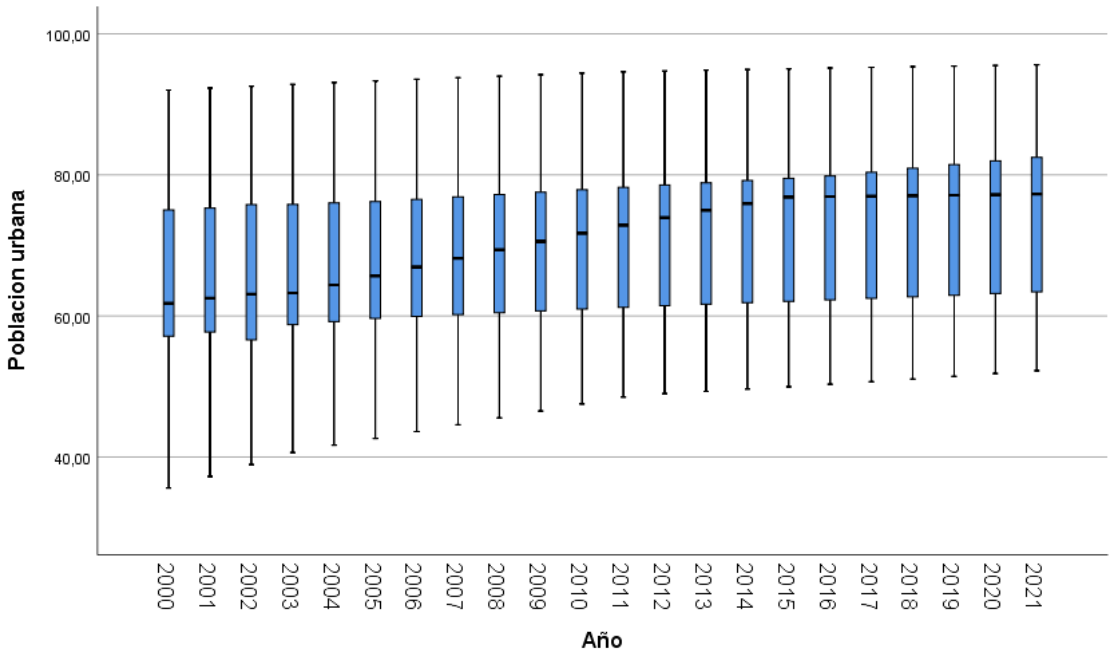
A medida que avanzó la serie temporal, se observó un desplazamiento progresivo de la mediana hacia valores más elevados, alcanzando niveles cercanos a los 1.500–1.600 kWh en los años más recientes. Este comportamiento reflejó un aumento sostenido del consumo de energía eléctrica, asociado al crecimiento económico, la expansión urbana, la mayor electrificación de actividades productivas y el incremento en el acceso a tecnologías dependientes de energía (Valencia-Herrera et al., 2020).

De forma paralela, la altura de las cajas se incrementó gradualmente, lo que indicó un ensanchamiento del rango intercuartílico y, por tanto, una mayor dispersión del consumo eléctrico entre los países. Esta evolución sugirió que el crecimiento del consumo no fue homogéneo: mientras algunos países experimentaron incrementos moderados, otros presentaron aumentos más pronunciados, ampliando las diferencias relativas dentro del conjunto analizado. Los bigotes superiores se extendieron progresivamente hacia valores más altos, superando los 4.000 kWh en los últimos años del periodo, lo que evidenció la presencia de países con niveles de consumo eléctrico considerablemente elevados. En contraste, los valores mínimos se mantuvieron relativamente estables y próximos a niveles bajos, lo que indicó que persistió un grupo de países con consumos eléctricos reducidos, incluso en las etapas finales de la serie (Castro-Cárdenas et al., 2023; Thomson et al., 2022).

En conjunto, el box plot mostró que el consumo de energía eléctrica siguió una tendencia ascendente sostenida, acompañada de un aumento en la heterogeneidad entre países. Esta dinámica reflejó procesos de desarrollo y electrificación desiguales, así como diferencias estructurales en los modelos productivos, el acceso a infraestructura energética y los patrones de consumo. Los resultados subrayaron la necesidad de considerar políticas energéticas diferenciadas que promovieran un uso eficiente de la electricidad y una reducción de las brechas existentes, especialmente en un contexto de creciente demanda energética y transición hacia sistemas más sostenibles (González-Lorente et al., 2024).

Figura 10.

Diagrama Box Plot de la población urbana.



Nota. Diagrama box plot de la población urbana por año. Fuente: Elaboración propia.

El diagrama box plot de la población urbana por año (2000–2021) permitió analizar la evolución temporal del grado de urbanización, así como la dispersión existente entre los países considerados. La gráfica mostró una tendencia claramente ascendente en la población urbana, lo que reflejó un proceso sostenido de urbanización a lo largo del periodo analizado (Pierri-Daunt & Siedentop, 2025). En los primeros años de la serie, las medianas se situaron en valores cercanos al 60%, lo que indicó que, al inicio del periodo, aproximadamente la mitad de los países presentó niveles de urbanización moderados. Las cajas de estos años mostraron una amplitud considerable, lo que sugirió diferencias relevantes entre países en cuanto a la proporción de población que residió en áreas urbanas.

A medida que transcurrió el tiempo, se observó un desplazamiento progresivo de la mediana hacia valores más altos, alcanzando niveles cercanos al 75–78% en los años más recientes. Este comportamiento evidenció un aumento generalizado de la población urbana, asociado a procesos de migración interna, expansión de las ciudades y concentración de actividades económicas y servicios en áreas urbanas (Lerch et al., 2025). De forma paralela, la altura de las cajas se mantuvo relativamente estable, lo que indicó que el rango intercuartílico no experimentó variaciones abruptas. Esto sugirió que, aunque el nivel de urbanización aumentó de manera sostenida, las

diferencias relativas entre países se mantuvieron en el tiempo, sin una convergencia completa ni una ampliación extrema de las brechas.

Los bigotes inferiores mostraron un ascenso gradual, pasando de valores cercanos al 35–40% en los primeros años a niveles superiores al 50% en el tramo final del periodo. Este comportamiento indicó que incluso los países con menor grado de urbanización experimentaron avances significativos. Por su parte, los bigotes superiores se mantuvieron próximos al 90–95%, lo que evidenció la existencia persistente de países altamente urbanizados durante todo el periodo. Este patrón fue consistente con procesos de densificación y expansión urbana en América Latina, donde el crecimiento urbano pudo intensificarse tanto por consolidación del tejido urbano como por expansión periférica (Sierra et al., 2024).

En conjunto, el box plot puso de manifiesto que la población urbana siguió una trayectoria de crecimiento sostenido y relativamente homogéneo en el conjunto de países analizados. No de servicios básicos, la infraestructura urbana y la sostenibilidad ambiental; en particular, la expansión espacial urbana pudo intensificar presiones ambientales y energéticas si no se acompañó de políticas de gestión urbana adecuadas (Van der Borght & Pallares Barbera, 2023). En consecuencia, estos resultados subrayaron la importancia de acompañar el crecimiento urbano con políticas públicas orientadas a un desarrollo urbano inclusivo y sostenible, articuladas con marcos de implementación territorial de la Agenda 2030 (García et al., 2025).

Tabla 8.

Regresión para datos panel

Source	**SS**	**df**	**Ms**	**Number of obs**	**418**
Model	2248.85562	4	562.213905	**F (4, 413)**	184.40
Residual	1259.19271	413	3.04889277	**Prob> F**	0.0000
				R-squared	0.6411
Total	3508.04833	417	8.41258593	**Adj R-squared**	0.6376
				Root MSE	1.7461

ln_ Crecimiento económico	**Coef.**	**Std. Err.**	**t**	**P>|t|**	**[95% Conf. Interval]**	
Emisiones de CO_2	-.2929222	.1155609	-2.53	0.012	-.5200831	-.0657613

Intensidad Energética	-21.16393	.8463857	-25.01	0.000	-22.82769	-19.50017
ln_Consumo de energía eléctrica	1.129994	.1571121	7.19	0.000	.8211547	1.438833
Población urbana	.0191335	.0104404	1.83	0.068	-.0013895	.0396565
_cons	4.438038	.7933605	5.59	0.000	2.878509	5.997566

Nota. Primera regresión del modelo de datos de panel. Fuente: Elaboración propia.

El valor del R2 ajustado es de 0.6376 lo que evidencia una variación del 63.76% del crecimiento económico que es explicado por las variables del modelo, como son las emisiones de CO_2, intensidad energética, consumo de energía eléctrica y población urbana, este resultado representa que las variables incorporadas son relevantes.

Tabla 9.

Factor de inflación de la varianza (VIF)

Variable	VIF	1/VIF
ln_ Consumo de energía eléctrica	2.95	0.339235
Población urbana	2.84	0.352343
Emisiones de CO_2	2.36	0.424243
Intensidad Energética	1.02	0.979273

Nota. Resultados de la prueba VIF. Fuente: Elaboración propia.

Este resultado evidencia la ausencia de multicolinealidad entre las variables explicativas, por tanto, se descarta la presencia de multicolinealidad significativa que pueda comprometer la precisión de las estimaciones. Este hallazgo confirma que los coeficientes estimados son estables, lo que permite una interpretación fiable de los efectos individuales de cada variable sobre la variable dependiente estudiada .

Tabla 10.

Estacionariedad de variables

Variable	Nivel	d1
ln_Crecimiento económico	0.9973	0.0000
Emisiones de CO_2	0.9996	0.0000

Intensidad Energética	0.0013	
ln_Consumo de energía eléctrica	0.9949	0.0000
Población urbana	1.0000	0.0000

Nota. Resultado de la estacionariedad de las variables para el modelo de datos de panel. Fuente: Elaboración propia.

La estacionariedad es la propiedad de una serie temporal cuyas características estadísticas, como la media, la varianza y la estructura de covarianza, permanecen constantes a lo largo del tiempo. Cuando una variable es estacionaria, los choques que la afectan tienen efectos transitorios y no alteran su comportamiento de largo plazo. Esta condición es fundamental en el análisis econométrico, ya que la ausencia de estacionariedad puede conducir a resultados espurios y a inferencias estadísticas incorrectas (Hamilton, 1994).

Los resultados obtenidos de las pruebas de estacionariedad de las variables, evidencian que la mayoría de las variables son estacionarias en primer nivel a excepción de la variable intensidad energética que es estacionaria a nivel con un valor de 0.0013.

Tabla 11.

Shapiro Francia W Test para datos normales

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
d1.ln_ Crecimiento económico	418	0.86460	41.744	8.092	0.00001
d1. Emisiones de CO_2	418	0.91693	25.611	7.033	0.00001
Intensidad Energética	418	0.80834	59.092	8.846	0.00001
d1.ln_ Consumo de energía eléctrica	418	0.84713	47.131	8.356	0.00001
d1. Población urbana	418	0.97985	6.212	3.961	0.00004

Nota. Resultados de la prueba de normalidad. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro Francia indican que ninguna de las variables analizadas cumple con el supuesto de distribución normal. Para el crecimiento económico, las emisiones de CO_2, la intensidad energética, el consumo de energía eléctrica y la población urbana, se obtienen valores de probabilidad (Prob > z) inferiores a 0,05, específicamente cercanos a 0,00001 en todos los casos, con un tamaño muestral de 418 observaciones por variable. Dado que el valor p es menor al nivel de significancia del 5%, se rechaza la hipótesis nula de normalidad para cada una de las variables consideradas, por lo cual se procedió a aplicar logaritmos para garantizar la consistencia de las estimaciones y la validez inferencial de los resultados.

Tabla 12.

Test de autocorrelación

Hypothesis	F(1, 19)	Prob > F
H0: no first order autocorrelation	75.460	0.0000

Nota. Resultados de la prueba de autocorrelación. Fuente: Elaboración propia (2025)

El test de autocorrelación se utiliza para comprobar si los errores de un modelo econométrico están correlacionados en el tiempo. El rechazo de la hipótesis nula de ausencia de autocorrelación indica dependencia serial en los residuos, lo que puede generar estimaciones ineficientes y errores estándar sesgados, afectando la validez de la inferencia estadística (Gujarati & Porter, 2010).

Los resultados obtenidos del test de autocorrelación evidencian la existencia de autocorrelación de primer orden en los datos de panel analizados. El valor estadístico F(1,19), junto con la probabilidad de 0.0000, proporciona evidencia para rechazar la hipótesis nula de ausencia estadísticamente significativa de autocorrelación serial, por tanto, es evidente la presencia de autocorrelación de primer orden, lo que hace necesario realizar ajustes en el modelo econométrico con la finalidad de corregir errores estándar y asegurar inferencias estadísticamente validas.

Tabla 13.

Test de heterocedasticidad

Hypothesis	chi2 (20)	Prob>chi2
H0: sigma(i)^2 = sigma^2 for all i	4209.94	0.0000

Nota. Resultados obtenidos del test de heterocedasticidad. Fuente: Elaboración propia.

El test de heterocedasticidad se emplea para verificar si la varianza del término de error es constante entre las observaciones de un modelo econométrico. Cuando el test rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad, se concluye que la varianza de los errores no es uniforme, lo que puede generar errores estándar inconsistentes y afectar la validez de la inferencia estadística (Gujarati & Porter, 2010).

En base a los resultados obtenidos del test de heterocedasticidad se puede evidenciar la presencia de heterocedasticidad en los datos panel. El estadístico chi-cuadrado (20) =4209.94 y la probabilidad Prob>chi2 = 0.0000 permite rechazar la hipótesis nula de homocedasticidad, En consecuencia, se concluye que existe heterocedasticidad en el modelo.

Tabla 14.

Modelos de regresión de panel de efectos fijos frente a efectos aleatorios

d1.ln_ Crecimiento económico	Fixed efects FE	t-value	p-values	Randon efects RE	z-value	p-value
d1. Emisiones de CO_2	.265636	13.87	0.000	.2652176	13.62	0.000
Intensidad Energética	-3.119415	-10.88	0.000	-3.193298	-10.97	0.000
d1.ln_ Consumo de energía eléctrica	.2929962	10.30	0.000	.2948225	10.20	0.000
d1.Poblacion urbana	.0144905	9.23	0.000	.0144571	9.05	0.000
CONS	7.997423	58.57	0.000	7.994117	16.49	0.000

Nota. Resultados de la regresión de efectos fijos y aleatorios. Fuente: Elaboración propia.

En los modelos de datos de panel, el modelo de efectos fijos asume la existencia de un término constante diferente para cada individuo y supone que los efectos individuales son independientes entre sí, además este modelo considera que las variables explicativas afectan por igual a las unidades de corte transversal y que estas se diferencian por características propias de cada una, medidas por medio el intercepto (Mayorga & Muñoz, n.d.).

En cambio, el modelo de efectos aleatorios considera que los efectos individuales no son independientes entre sí, sino que están distribuidos aleatoriamente alrededor de un

valor promedio. Asimismo, este modelo considera que tanto el impacto de las variables explicativas como las características propias de cada unidad son diferentes (Parra, n.d.).

Tabla 15.

Prueba de Hausman: Modelo de efectos fijos vs. Modelo de efectos aleatorios

Coefficients				
	(b) fe	(B) re	(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) S.E.
d1. Emisiones de CO_2	.265636	.2652176	.0004184	.0006642
Intensidad Energética	-3.119415	-3.193298	.0738834	.0183232
d1.ln_ Consumo de energía eléctrica	.2929962	.2948225	-.0018263	.0009797
d1. Población urbana	.0144905	.0144571	.0000335	.0000495
chi2(4)	17.63			
Prob>chi2	0.0015			

Nota. Resultados del test de Hausman. Fuente: Elaboración propia.

El test de Hausman es una prueba de especificación que se utiliza para decidir entre fe y re en modelos de datos de panel, este test contrasta si los resultados de ambos métodos difieren de manera sistemática considerando que el estimador de FE mantiene consistencia aun cuando el componente no observado propio de cada unidad esté asociado con las variables explicativas mientras que el estimador de RE pierde consistencia si esa asociación existe (Wooldridge, n.d.).

Por ello el modelo de efectos fijos se justifica como la mejor alternativa metodológica, ya que garantiza estimaciones consistentes y una inferencia estadística válida, al controlar factores estructurales específicos de cada unidad del panel que permanecen constantes en el tiempo. Esta elección refuerza la solidez de los resultados econométricos obtenidos y asegura que las relaciones estimadas reflejen de manera más precisa los efectos de las variables explicativas dentro del marco temporal y espacial analizado.

Tabla 16.

Ajuste del modelo

Prais-Winsten regression, heteroskedastic panels corrected standard errors		**Number of obs**	**419**
Group variable	Paises1	**Number of groups**	19
Time variable	Año	**Obs per group**	
Panels	correlated (balanced)	**min**	22
Autocorrelation	no autocorrelation	**Avg**	22
		max	22
Estimated covariances	190	**R-squared**	0.6411
Estimated autocorrelations	0	**Wald chi2(4)**	14155.49
Estimated coefficients	5	**Prob > chi2**	0.0000

d1.ln_ Crecimiento económico	Panel-corrected **Coef.**	**Std. Err.**	**z**	**P>|t|**	**[95% Conf. Interval]**	
d1.Emisiones de CO_2	-.2929222	.0248617	-11.78	0.000	-.3416503	-.2441941
Intensidad Energética	-21.16393	.1937461	-109.24	0.000	-21.54367	-20.7842
d1.ln_ Consumo de energía eléctrica	1.129994	.0417317	27.08	0.000	1.048201	1.211787
d1.Población urbana	.0191335	.0018465	10.36	0.000	.0155145	.0227525
_cons	4.438038	.2383339	18.62	0.000	3.970912	4.905163

Nota. Resultados de la corrección de los supuestos para el modelo de datos de panel. Fuente: Elaboración propia.

Las emisiones de CO_2 muestran un efecto negativo y estadísticamente significativo sobre el crecimiento económico (coef. = -0.2929; z = -11.78). Este resultado sugiere que, en el corto plazo, incrementos en las emisiones se asocian con una desaceleración del crecimiento, lo cual es coherente con el enfoque teórico dado que advierte que las economías con estructuras productivas intensivas en carbono pueden enfrentar externalidades ambientales, pérdidas de eficiencia y mayores costos que terminan afectando la productividad agregada. En América Latina, se ha evidenciado que el vínculo entre crecimiento e indicadores ambientales puede ser no lineal y dependiente de la estructura energética, de modo que mayores emisiones no implican necesariamente mayor expansión económica, especialmente cuando predominan

tecnologías contaminantes y baja eficiencia (Olivera & Segarra, 2021; Seri et al., 2023).

De manera complementaria, la intensidad energética presenta un impacto negativo, de gran magnitud y altamente significativo (coef. = -21.1639; z = -109.24; p < 0.001). Es por ello que cuando la economía requiere más energía para generar una unidad de producto, el crecimiento tiende a deteriorarse, lo que refuerza la idea de que la expansión sostenible depende de mejoras tecnológicas y organizacionales orientadas a reducir el consumo energético por unidad de PIB. Es por esto que se alinea con la noción de "desacoplamiento", donde la eficiencia energética sostiene la competitividad y limita costos de producción, mientras que la ineficiencia incrementa vulnerabilidades como precios energéticos, dependencia externa y presión ambiental). La evidencia empírica respalda que mayores niveles de intensidad energética suelen asociarse con desempeños macroeconómicos menos favorables, precisamente por reflejar rezagos de productividad y tecnología (Abid et al., 2024; Witajewski-Baltvilks et al., 2017).

En contraste, el consumo de energía eléctrica se relaciona de forma positiva y significativa con el crecimiento económico (coef. = 1.1300; z = 27.08; p < 0.001). Este hallazgo es consistente con la teoría económica que plantea que una mayor disponibilidad y uso de electricidad suele acompañar la expansión de la actividad productiva, la modernización tecnológica y el aumento de la productividad, especialmente, en sectores industriales y de servicios. No obstante, el sustento teórico, también, enfatiza que este efecto favorable puede depender de la calidad de la matriz energética y de la capacidad de elevar producción sin profundizar la degradación ambiental; además es evidente el desafío de sostener el crecimiento con mejoras de eficiencia y transición hacia fuentes menos contaminantes, evitando que la demanda eléctrica se traduzca en mayores presiones ambientales (González-Álvarez & Montañés, 2023; Mamani et al., 2023).

Finalmente, la población urbana evidencia un efecto positivo y estadísticamente significativo sobre el crecimiento económico (coef. = 0.0191; z = 10.36; p < 0.001). Este resultado es coherente con el enfoque teórico de las economías de aglomeración, según el cual la urbanización puede impulsar el crecimiento al concentrar mercados laborales, infraestructura, innovación y redes productivas, elevando la productividad y reduciendo costos de transacción. Aun así, la teoría también advierte que los

beneficios de la urbanización dependen de la planificación, la provisión de servicios y la calidad institucional, pues una urbanización desordenada puede generar congestión, informalidad y presión ambiental. Para el caso ecuatoriano, se ha documentado una relación de largo plazo donde la urbanización contribuye al crecimiento, reforzando el rol de las ciudades como nodos económicos cuando existen condiciones adecuadas de infraestructura y gestión urbana (Méndez, 2021).

Discusión

Los resultados para América Latina (2000–2021) refuerzan la idea de que el crecimiento económico no puede evaluarse únicamente por el aumento del PIB per cápita, porque su sostenibilidad depende de si dicho avance es compatible con la preservación del entorno y con condiciones que sostienen el bienestar. En otras palabras, cuando la expansión productiva se apoya en patrones de uso intensivo de recursos y genera costos ambientales persistentes, parte del "progreso" se transforma en presiones que terminan afectando la calidad de vida y la estabilidad del crecimiento. Este enfoque es consistente con la literatura que cuestiona las lecturas lineales entre crecimiento y ambiente y resalta la heterogeneidad regional en dichas relaciones (Seri et al., 2023).

Además, el efecto negativo estimado para las emisiones de CO_2 sugiere que, en el corto plazo, incrementos de contaminación pueden asociarse a pérdidas de eficiencia y a costos indirectos que limitan el desempeño económico. Desde la perspectiva de la Curva Ambiental de Kuznets, es posible que en ciertas etapas el crecimiento esté acompañado de mayor degradación ambiental; sin embargo, el punto de inflexión hacia una trayectoria menos contaminante no ocurre de manera automática, sino que requiere cambios tecnológicos, institucionales y de estructura productiva (Odei et al., 2025; Sánchez Almanza, 2006). En el contexto latinoamericano, la evidencia muestra que el crecimiento y las emisiones dependen de la matriz energética y del tipo de especialización productiva, por lo que el aumento de CO_2 puede reflejar formas de expansión con baja productividad ambiental (Seri et al., 2023).

Asimismo, el impacto negativo de la intensidad energética indica que el crecimiento se debilita cuando la economía necesita más energía para generar una unidad adicional de producto, lo que suele interpretarse como un síntoma de rezago tecnológico o de baja eficiencia. En la teoría del desacoplamiento, el desarrollo sostenible exige que el valor agregado crezca más rápido que el uso de energía y recursos, mediante

innovación, modernización y mejoras en eficiencia (Toffler Alvin, 1981; Witajewski-Baltvilks et al., 2017). En esa misma dirección, los hallazgos sobre determinantes de la intensidad energética respaldan que la reducción de dicha intensidad suele asociarse con mejoras de eficiencia y con cambios estructurales, lo que resulta clave para sostener el crecimiento sin ampliar presiones ambientales(Huang, Ye, et al., 2025).

Por otra parte, la relación positiva entre el consumo de energía eléctrica y el crecimiento puede entenderse como un reflejo de mayor actividad productiva, expansión del sector servicios y adopción tecnológica; es decir, la electricidad funciona como insumo habilitante de modernización. Sin embargo, este vínculo no garantiza sostenibilidad: si el aumento de la demanda eléctrica proviene de fuentes intensivas en carbono, el crecimiento podría sostenerse a costa de un deterioro ambiental creciente. Por ello, la evidencia destaca que la combinación entre energía, innovación y políticas complementarias (por ejemplo, renovables e incentivos tecnológicos) es determinante para que la expansión energética contribuya al crecimiento con menor huella ambiental (K. Li et al., 2024; Manu & Asongu, 2025).

En conclusión, el efecto positivo de la población urbana sobre el crecimiento es coherente con la teoría de aglomeración: la concentración urbana facilita infraestructura, especialización, redes productivas y mercados laborales más amplios, lo que eleva la productividad. Para Ecuador, se ha documentado que la urbanización puede impulsar el crecimiento en el largo plazo; no obstante, los beneficios dependen de la planificación y de la provisión de servicios, pues una urbanización desordenada puede profundizar desigualdades y presiones ambientales (Méndez, 2021). En consecuencia, la urbanización puede ser un motor económico, pero su aporte a la calidad de vida exige políticas urbanas que reduzcan riesgos ambientales y mejoren la distribución de oportunidades.

Es por ello que el crecimiento sostenible en la región se fortalece cuando proviene de eficiencia energética, innovación y transformación productiva, en lugar de depender de una expansión intensiva en energía y emisiones. Así, la agenda de política pública debería priorizar la reducción de intensidad energética, el impulso a innovación y la transición hacia sistemas energéticos más limpios, de modo que el crecimiento no se traduzca en mayores costos ambientales que terminen deteriorando el bienestar (K. Li et al., 2024; Odei et al., 2025; Witajewski-Baltvilks et al., 2017).

4.2 Verificación de la hipótesis o fundamentación de las preguntas de investigación

1. Planteamiento de hipótesis

a) *Modelo lógico*

H_o: No hay diferencia estadística significativa entre las presiones ambientales y sociales sobre el crecimiento económico en America Latina durante el periodo de 2000 a 2021.

H_1: Si hay diferencia estadística significativa entre las presiones ambientales y sociales sobre el crecimiento económico en America Latina durante el periodo de 2000 a 2021.

b) Modelo matemático

Ho: $Me_1 = Me_2 = Me_3 = Me_4 = Me_5$=… … … … . = Me_{19}

H1: Al menos un país de America Latina tiene una mediana diferente

c) Modelo estadístico

$$z_j = \frac{\bar{R}_j - \bar{R}}{\sqrt{\frac{(N+1)\left(\frac{N}{n_j}-1\right)}{12}}} \quad [1]$$

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1) \quad [2]$$

2. Regla de decisión

Se rechaza la hipótesis nula si el valor de p, es menor que 0,05

3. Cálculo de H

Tabla 17.

H de Kruskal-Wallis

Estadísticos de prueba[a,b]	
	Crecimiento económico
H de Kruskal-Wallis	410,949
Gl	18
Sig. asintótica	0,000
a. Prueba de Kruskal Wallis	
b. Variable de agrupación: Pais	

Nota. Resultados de la prueba estadística H de Kruskal-Wallis. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18.

Cálculo de H de Kruskal-Wallis

Variables independientes	Categoría	p- valor	Observación
Población urbana	Países	0,000	Significativo
Consumo de energía eléctrica	Países	0,000	Significativo
Emisiones de CO_2	Países	0,000	Significativo
Intensidad energética	Países	0,000	Significativo

Nota. Resultados de las variables independientes mediante la prueba estadística H de Kruskal-Wallis. Fuente: Elaboración propia.

4. Conclusión

A la luz de los resultados se rechaza la hipótesis nula porque el p-valor es 0,000 y es menor que 0.005 es decir sí hay diferencia estadística significativa entre las presiones ambientales y sociales sobre el crecimiento económico en America Latina durante el periodo de 2000 a 2021.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

5.1 Conclusiones

La evidencia empírica permite cumplir el objetivo general, centrado en analizar la relación entre el crecimiento económico y las presiones ambientales y sociales en América Latina. En conjunto, se aprecia que el desempeño económico no ocurre de manera aislada por lo que depende del modo en que la región produce, consume energía y gestiona su transición urbana. Por tanto, el crecimiento no debe entenderse solo como aumento del ingreso, sino también como coherencia entre productividad, eficiencia energética y reducción de presiones ambientales.

En relación con el primer objetivo específico, el análisis descriptivo sugiere heterogeneidad regional por que conviven con trayectorias de mayor demanda eléctrica y urbanización elevada, junto con economías con menor electrificación y rezagos en infraestructura. Esta diversidad implica que los promedios regionales pueden ocultar realidades nacionales distintas; por ello, la comparación entre países y la lectura temporal resultan claves para comprender por qué algunas economías exhiben presiones ambientales más intensas y otras mantienen niveles más contenidos.

Respecto del segundo objetivo específico, la estimación econométrica respalda que las emisiones de CO_2 se asocian con una pérdida de dinamismo económico, lo que sugiere costos indirectos vinculados con salud, productividad, conflictos socioambientales, riesgo regulatorio o dependencia de tecnologías intensivas en carbono. Así mismo , la intensidad energética se relaciona con menor crecimiento, lo que refuerza que una economía que requiere mucha energía para generar valor enfrenta desventajas de competitividad, vulnerabilidad frente a precios energéticos y límites tecnológicos. Además, el consumo de electricidad se conecta con mayor crecimiento, lo cual refleja su papel como insumo para modernización productiva y expansión de servicios; sin embargo, su contribución a la sostenibilidad depende de la matriz energética. Por otro lado, la urbanización se vincula con mayor crecimiento, coherente con economías de aglomeración; aun así, ese beneficio exige planificación urbana, provisión adecuada de servicios y control de externalidades para evitar que el impulso urbano se traduzca en presiones ambientales y sociales.

En síntesis, los resultados sugieren que el crecimiento sostenible en América Latina requiere priorizar eficiencia energética, innovación y calidad institucional. Una expansión apoyada en electricidad puede fortalecer el desempeño económico, pero si se mantiene con alta intensidad energética y elevadas emisiones, la región enfrenta un crecimiento frágil, con costos ambientales que limitan su continuidad.

5.2 Limitaciones del estudio

Las variables empleadas como: emisiones de CO_2, intensidad energética, consumo eléctrico y urbanización capturan dimensiones claves, pero no recogen por completo aspectos como calidad regulatoria, estructura productiva más detallada, informalidad, desigualdad territorial o composición específica de la matriz energética.

De igual manera, el periodo de análisis se concentra en 2000–2021, por lo que no se incorpora con suficiente detalle cambios recientes en mercados energéticos, ajustes normativos o estrategias de transición que ganan relevancia en años posteriores, con capacidad de alterar la relación entre energía, emisiones y desempeño económico.

Finalmente, aunque el enfoque de panel mejora el control de diferencias propias entre países, todavía existen restricciones para determinar relaciones de causalidad y posibles efectos bidireccionales entre crecimiento económico y las variables energéticas, así como otros mecanismos de transmisión más complejos, como innovación, estructura exportadora y políticas fiscales orientadas a la sostenibilidad ambiental

5.3 Futuras temáticas de investigación

Una línea prioritaria consiste en incorporar medidas sobre la matriz energética participación renovable, dependencia fósil y seguridad energética junto con capacidad institucional regulación ambiental, gobernanza y cumplimiento para explicar por qué algunos países sostienen crecimiento con menor presión ambiental y otros no.

Otra ruta consiste en explorar no linealidades y puntos de quiebre, como relaciones tipo Curva Ambiental de Kuznets, efectos umbral o diferencias por nivel de ingreso y especialización productiva. Esto permitiría identificar rangos en los que el crecimiento modifica su vínculo con emisiones o eficiencia energética.

También conviene avanzar hacia modelos con mayor énfasis en dinámica y endogeneidad, como panel dinámico o enfoques con instrumentos, para estudiar retroalimentaciones entre electricidad, urbanización y crecimiento, y distinguir con mayor claridad los canales de transmisión.

Además, se recomienda ampliar la escala de análisis hacia evidencia subnacional o por áreas metropolitanas, con el fin de captar desigualdades internas asociadas con acceso energético, patrones de urbanización y desempeño productivo, para evidenciar no solo expansión económica, sino también bienestar, equidad y resiliencia ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abid, I., Hechmi, S., & Chaabouni, I. (2024). Impact of Energy Intensity and CO2 Emissions on Economic Growth in Gulf Cooperation Council Countries. Sustainability (Switzerland), 16(23). https://doi.org/10.3390/su162310266

Al-Mulali, U., Tang, C. F., & Ozturk, I. (2015). Estimating the Environment Kuznets Curve hypothesis: Evidence from Latin America and the Caribbean countries. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 50, 918–924. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.05.017

Apergis, N., & Payne, J. E. (2010). Energy consumption and growth in South America: Evidence from a panel error correction model. Energy Economics, 32(6), 1421–1426. https://doi.org/10.1016/J.ENECO.2010.04.006

Arias, F. G. (2012). El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica (6th ed.). Editorial Episteme, C.A.

Asteriou, Dimitrios., & Hall, S. G. . (2022). Applied econometrics. Bloomsbury Academic.

Asturias-Schaub, L. R., & Gil-Alana, L. A. (2023). CO2 emissions in Latin America: a time series perspective based on fractional integration. Environmental Science and Pollution Research 2023 30:50, 30(50), 109585–109605. https://doi.org/10.1007/S11356-023-29987-4

Awal, M., Wirajing, K., Nchofoung, T. N., Felix, ·, & Etape, M. (2023). Revisiting the human capital-economic growth nexus in Africa. SN Bus Econ. https://doi.org/10.1007/s43546-023-00494-5

Aydin, M., Guney, E., Degirmenci, T., & Demirtas, N. (2025). Analyzing the impact of environmental technological regulations, energy security, and natural resources on energy intensity in the USA. Energy Reports, 14, 500–507. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2025.06.013

Baltagi, B. H. (2021). Econometric Analysis of Panel Data. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-53953-5

Barreto, C., & Campo, J. (2012). ISSN 1657-4206 I Año 16 I No. 35 I julio-diciembre 2012 I pp.

Bayramli, G., & Karimli, T. (2024). Driving factors of CO2 emissions in South American countries: An application of Seemingly Unrelated Regression model.

Regional Sustainability, 5(4), 100182. https://doi.org/10.1016/J.REGSUS.2024.100182

Bazán Navarro, C. E., Morocho Ruiz, J. D., & Castillo Alvarado, J. F. (2024). Economic growth and electricity consumption: Fresh evidence of panel data for LAC. Heliyon, 10(13), e33521. https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2024.E33521

Bego, M., & Tennakoon, H. (2025). Does innovation drive emission cuts? Evidence from China and the UK under SDG 13. Sustainable Futures, 10. https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.101344

Blanco-Orozco, N. V., & Blanco-Orozco, N. V. (2018). Productividad del uso de recursos energéticos en los agentes del mercado eléctrico nicaragüense con sistemas de cogeneración. Revista Tecnología En Marcha, 31(1), 47–57. https://doi.org/10.18845/TM.V31I1.3496

Bui Minh, T., & Bui Van, H. (2023). Evaluating the relationship between renewable energy consumption and economic growth in Vietnam, 1995–2019. Energy Reports, 9, 609–617. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.11.074

Carvajal, F., Gil, M., Poveda, R., & Quiroga, R. (2024). Eficiencia Energética en la Transición Sostenible e Inclusiva de América Latina y el Caribe: Progresos y Políticas.

Castro-Cárdenas, C., Ibarra-Yunez, A., Castro-Cárdenas, C., & Ibarra-Yunez, A. (2023). Understanding the link between energy poverty and economic growth in Latin America. Contaduría y Administración, 68(2), 175–198. https://doi.org/10.22201/FCA.24488410E.2023.4629

Chang, C. L., & Mcaleer, M. (2012). Agregation, heterogeneous autoregression and volatility of daily international tourist arrivals and exchange rates. Japanese Economic Review, 63(3), 397–419. https://doi.org/10.1111/j.1468-5876.2011.00563.x

Chen, R., & Steinbuks, J. (2024). Assessing the potential for energy efficiency improvements in Latin America and Caribbean. Energy Policy, 192. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2024.114224

Chen, Y., Gong, W., Obrecht, C., & Kuznik, F. (2025). A review of machine learning techniques for building electrical energy consumption prediction. In Energy and AI (Vol. 21). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.egyai.2025.100518

Contreras, E. (2025). Estadística descriptiva aplicada en la arquitectura e ingeniería civil. www.ulvr.edu.ec

Creswell, J. W. (2012). Educational Research.

Croissant, Yves., & Millo, Giovanni. (2019). Panel data econometrics with R. John Wiley & Sons.

Ding, Y., Geng, X., Liu, X., Zhang, C., & Chen, W. Q. (2024). Material resource decoupling dilemma: Convergence and traps of in-use stock productivity in national economy development. Journal of Environmental Management, 351, 119617. https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2023.119617

Flores-Xolocotzi, R. (2023). Un estudio de desacoplamiento económico y áreas verdes urbanas en 305 municipios mexicanos. DECUMANUS, 11(11). https://doi.org/10.20983/decumanus.2023.2.4

Francisca, M., Talavera, P., Apolinar, J., & Arroyo, M. (2020). Efecto de la Innovación sobre el Crecimiento económico de México: Análisis empírico con el modelo de crecimiento endógeno de Romer. Revista de La Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas, 5(9), 1–11. https://rfcca.umich.mx/index.php/rfcca/article/view/135

Gava, E., Seabela, M., & Ogujiuba, K. (2025). Energy Efficiency, Consumption, and Economic Growth: A Causal Analysis in the South African Economy. Economies, 13(5). https://doi.org/10.3390/economies13050118

Gazik, A. N., Yousefi, H., & Abdoos, M. (2025). Sustainability under the threat: The nexus of economic growth, energy consumption, and CO2 emission during COVID-19 pandemic (case study: United Kingdom). Environmental Challenges, 20. https://doi.org/10.1016/j.envc.2025.101285

González-Álvarez, M. A., & Montañés, A. (2023). CO2 emissions, energy consumption, and economic growth: Determining the stability of the 3E relationship. Economic Modelling, 121. https://doi.org/10.1016/j.econmod.2023.106195

González-Lorente, Á., Hernández-López, M., Martín-Álvarez, F. J., & Mendoza-Jiménez, J. (2024). A comparative analysis of electricity generation in Latin America and the Caribbean using multivariate techniques. Heliyon, 10(20), e39304. https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2024.E39304

Gu, X., Fan, L., & Mahabir, R. (2026). Building carbon emissions (2016–2025): A PRISMA-based systematic review of definitions, quantification methods and policies. In Environmental Development (Vol. 57). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.envdev.2025.101345

Gujarati, D., & Porter, D. (2010). Econometría.

Hajiyev, N., Guliyev, V., Abdullayeva, S., & Abdullayeva, E. (2023). Energy intensity of the economy in the context of rethinking growth within a limited planet. Energy Strategy Reviews, 50, 101246. https://doi.org/10.1016/J.ESR.2023.101246

Hamilton, J. D. (1994). Time Series Analysis STANDARD/STATIC GRANGER CAUSALITY. Princeton University Press, (3), 1–85.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Bapista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación-Roberto Hernández Sampieri.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & del Pilar Baptista Lucio, M. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. www.FreeLibros.com

Huang, W., Miao, Y., Ye, H., & Li, W. (2025). Trends and determinants of energy intensity in China: A study using index decomposition and econometric analysis. Environmental and Sustainability Indicators, 28. https://doi.org/10.1016/j.indic.2025.100892

Huang, W., Ye, H., Khabarov, N., Chen, J., & Yu, Y. Y. (2025). Decoupling carbon emissions, economic growth, and health costs toward carbon neutrality in China's regions. Energy for Sustainable Development, 88, 101789. https://doi.org/10.1016/J.ESD.2025.101789

Janischewski, A., Bohnenberger, K., Kranke, M., Vogel, T., Driouich, R., Froese, T., Gerold, S., Kaufmann, R., Keyßer, L., Niethammer, J., Olk, C., Schmelzer, M., Yürük, A., & Lange, S. (2024). It depends: Varieties of defining growth dependence. Cornell University.

Jardón, A., Kuik, O., & Tol, R. S. J. (2017). Economic growth and carbon dioxide emissions: An analysis of Latin America and the Caribbean. Atmósfera, 30(2), 87–100. https://doi.org/10.20937/ATM.2017.30.02.02

Jia, X., Liu, X., Wang, G., Shen, J., & Shi, Q. Q. (2025). Decoupling analysis of energy-water-carbon resource environmental pressures from China's economy:

an embodied perspective from the consumption side. Energy, 335, 138289. https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2025.138289

Jiménez, R., & Mercado, J. (2013). Energy Intensity: A Decomposition and Counterfactual Exercise for Latin American Countries. http://www.iadb.org

Jin, T. (2025). Disillusioning the benefits of renewable energy in energy intensity: global panel analysis. Sustainable Futures, 10. https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.100960

Kim, S. R., Jeong, J. H., & Kim, T. S. (2025). Investigation of operational strategies of natural gas-hydrogen-ammonia co-fired gas turbine combined cycle in simultaneous consideration of performance and CO2 emission. Case Studies in Thermal Engineering, 73, 106584. https://doi.org/10.1016/j.csite.2025.106584

Lagunas Puls, S., Oropeza Tagle, M. Á., Boggio Vázquez, J. B., Lagunas Puls, S., Oropeza Tagle, M. Á., & Boggio Vázquez, J. B. (2020). Energy Consumption in North America: Visualization and Pyramidal Perspective. Revista Mexicana de Economía y Finanzas, 15(4), 709–723. https://doi.org/10.21919/REMEF.V15I4.494

Lakner, Z., Popp, J., Oláh, J., Zéman, Z., & Molnár, V. (2024). Possibilities and limits of modelling of long-range economic consequences of air pollution – A case study. Heliyon, 10(4). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26483

Lerch, M., Du, W., & Beckendorff, D. (2025). Internal Migration Over the Course of Urbanization in Developing Countries. Population and Development Review, 51(3), 1022–1046. https://doi.org/10.1111/PADR.70014;PAGEGROUP:STRING:PUBLICATION

Li, K., Lin, W., Jiang, T., Mao, Y., & Shi, W. (2024). Driving carbon emission reduction in China through green finance and green innovation: an endogenous growth perspective. Environmental Science and Pollution Research, 31(9), 14318–14332. https://doi.org/10.1007/s11356-024-32067-w

Li, W., Zhang, Y., Li, M., & Long, Y. (2024). Rethinking the country-level percentage of population residing in urban area with a global harmonized urban definition. IScience, 27(6). https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.110125

Luqman, M., Rayner, P. J., & Gurney, K. R. (2023). On the impact of urbanisation on CO2 emissions. Npj Urban Sustainability, 3(1). https://doi.org/10.1038/s42949-023-00084-2

Mamani, J. C. Q., Pinto, S. L. A., Layme, M. Q., Layme, W. Q., Flores, A. M., Limachi, D. J. I., Álvarez, D. A. C., & Toledo, G. P. G. (2023). Relación entre Crecimiento Económico y Degradación Ambiental en Perú, Período 1990-2019. Revista de Derecho y Desarrollo Sostenible, 11(5), e1041. https://doi.org/10.55908/sdgs.v11i5.1041

Manu, E. K., & Asongu, S. A. (2025). Renewable energy, innovations and environmental sustainability in Sub-Saharan Africa: The Environmental Kuznets Curve, policy thresholds and thresholds for complementary policies. Renewable Energy, 249. https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.123197

Martinez, I., & Maruotti, A. (2011). The impact of urbanization on CO2 emissions: Evidence from developing countries. Ecological Economics, 70(7), 1344–1353. https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2011.02.009

Mayorga, M., & Muñoz, E. (n.d.). La técnica de datos de panel. Una guía para su uso e interpretación.

Medina, M., Rojas, R., Bustamante, W., Loaiza, R., Martel, C., & Castillo, R. (2023). Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación. In Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. https://doi.org/10.35622/inudi.b.080

Meier, F. D., & Quaas, M. F. (2021). Booming gas – A theory of endogenous technological change in resource extraction. Journal of Environmental Economics and Management, 107, 102447. https://doi.org/10.1016/J.JEEM.2021.102447

Méndez, P. (2021). Urbanización y crecimiento económico: un análisis de cointegración y causalidad para el caso ecuatoriano. La Revista Económica: (RVE), ISSN-e 2737-6257, Vol. 9, No. 1, 2021 (Ejemplar Dedicado a: RVE Vol 9 (Enero-Junio 2021)), Págs. 109-117, 9(1), 109–117. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8507537&info=resumen&idioma=ENG

Methmini, D., Dharmapriya, N., Edirisinghe, S., Gunawardena, V., Jayathilaka, R., Wickramaarachchi, C., & Dharmasena, T. (2025). Economic and trade determinants of carbon emissions in the American region. Environmental

Challenges, 19, 101140. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envc.2025.101140

Mohammad, P., & Weng, Q. (2025). Asian heat stress variations in a changing climate: Implications for disproportionate urban and rural population exposure. Habitat International, 156. https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2025.103294

Montero, M. O. V. (2023). Análisis estadístico de la curva ambiental de Kuznets, mediante el modelo VAR: crecimiento económico del Ecuador periodo 1973 - 2021. Latam Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, 4(1), 1145–1156. https://doi.org/https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.326

Mora, J. (2023). Principios básicos de metodología de la investigación cientifica. www.uleam.edu.ec

Myslikova, Z. (2025). How informal institutions drive innovation: Insights from energy technology innovation systems in Latin America. Energy Research & Social Science, 119, 103899. https://doi.org/10.1016/J.ERSS.2024.103899

Odei, S. A., Dunyo, S. K., & Anderson, H. J. (2025). Research and development, economic growth, CO2 emissions and environmental Kuznets curve. Sustainable Futures, 9, 100541. https://doi.org/10.1016/J.SFTR.2025.100541

Olivera, M., & Segarra, V. (2021). Calidad ambiental y crecimiento económico: análisis dinámico para América Latina y el Caribe. Revista de Economía Del Rosario, 24(2), 1–40. https://doi.org/https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/economia/a.10514

Ortiz-Paniagua, C. F., & Gómez, M. (2021). Economic Growth and Environmental Quality in Latin America, Perspective from Kuznets, 1970-2016. Economía Teoría y Práctica, 29(55), 17–36. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24275/ETYPUAM/NE/552021/Ortiz

Ortiz-Peña, A., Honrubia-Escribano, A., Gallego-Giner, I., Galán, Á., & Gómez-Lázaro, E. (2025). Analysis and impact of electrical energy consumption in the academic sector. A case study of the university of Castilla-La Mancha. Energy Conversion and Management: X, 26. https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2025.100894

Parra, F. (n.d.). Econometría Aplicada I Econometria Aplicada I by Francisco Parra Rodríguez is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.

Pierri-Daunt, A. B., & Siedentop, S. (2025). Unravelling urban typologies in Latin American cities: Integrating socioeconomic factors and urban configurations across scales. Applied Geography, 174, 103460. https://doi.org/10.1016/J.APGEOG.2024.103460

Posada, Gabriel. (2016). Elementos básicos de estadística descriptiva para el análisis de datos. Universidad Católica Luis Amigó.

Rios Barrios, L. D. (2024). Crecimiento del Consumo Interno de Energía Eléctrica Período 1985-2022 y su Impacto Futuro en el Desarrollo Socioeconómico del Paraguay. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 8(1), 10806–10817. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.10381

Rodríguez-Caballero, C. V., & Ventosa-Santaulària, D. (2017). Energy-growth long-term relationship under structural breaks. Evidence from Canada, 17 Latin American economies and the USA. Energy Economics, 61, 121–134. https://doi.org/10.1016/J.ENECO.2016.10.026

Rosado, J. (2017). International Journal of Energy Economics and Policy Economic Growth, CO 2 Emissions and Electric Consumption: Is there an Environmental Kuznets Curve? An Empirical Study for North America Countries. International Journal of Energy Economics and Policy |, 7(2), 65–71. http:www.econjournals.com

Sánchez Almanza, A. (2006). Crecimiento económico, desigualdad y pobreza: una reflexión a partir de Kuznets. Problemas Del Desarrollo, 37(145), 11–30. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-70362006000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Santiago, R., Fuinhas, J. A., & Marques, A. C. (2020). An analysis of the energy intensity of Latin American and Caribbean countries: Empirical evidence on the role of public and private capital stock. Energy, 211, 118925. https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2020.118925

Segovia Rocha, A., & Garcés Durán, J. A. (2024). Relación entre Economía y Medio Ambiente: necesidad de alternativas conceptuales frente a la crisis ambiental.

Investigaciones Geográficas: Una Mirada Desde El Sur, (68), 43–57. https://doi.org/10.5354/0719-5370.2024.74275

Segura, G., Fabiam Cerquera Losada, C., & Hernán Rojas Velásquez, Ó. (2023). Europa y la curva medioambiental de Kuznets: un avance hacia una economía sostenible*. Universidad Autónoma de Maizales. https://doi.org/10.30854/anf.v31.n56.2023.923

Seri, C., De, · A, Fernández, J., & De, A. (2023). CO 2 emissions and income growth in Latin America: long-term patterns and determinants. Environ Dev Sustain 2, 25, 4491–4524. https://doi.org/10.1007/s10668-022-02211-y

Shahsavari-Pour, N., Heydari, A., Keynia, F., Fekih, A., & Shahsavari-Pour, A. (2025). Building electrical consumption patterns forecasting based on a novel hybrid deep learning model. Results in Engineering, 26. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.104522

Sierra, A. P. C., Solano, A. S. A., & Lozano, D. H. (2024). Understanding urban densification in Latin American cities: determinants of the production of built space in informal areas in Bogota (2007-2018). Cities, 148, 104839. https://doi.org/10.1016/J.CITIES.2024.104839

Solórzano Chamorro, J. J., Vera Basurto, J. S., & Buñay Cantos, J. P. (2022). Crecimiento económico y medio ambiente. Reciamuc, 6(1), 203–212. https://doi.org/https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(1).enero.2022.203-212

Tenecora, E. F. G., & Quezada, J. T. (2025). Caracterización del consumo de electricidad en viviendas residenciales de la región andina Cuenca - Ecuador: propuesta de reducción ante la crisis energética. AlfaPublicaciones, 7(2.1), 32–53. https://doi.org/10.33262/ap.v7i2.1.605

Thomson, H., Day, R., Ricalde, K., Brand-Correa, L. I., Cedano, K., Martinez, M., Santillán, O., Delgado Triana, Y., Luis Cordova, J. G., Milian Gómez, J. F., Garcia Torres, D., Mercado, C., Castelao Caruana, M. E., & Pereira, M. G. (2022). Understanding, recognizing, and sharing energy poverty knowledge and gaps in Latin America and the Caribbean – because conocer es resolver. Energy Research & Social Science, 87, 102475. https://doi.org/10.1016/J.ERSS.2021.102475

Tian, Y., Wang, Y., Hang, Y., Zhou, D., Hu, X., & Wang, Q. (2025). Decoupling economic growth from industrial SO2 emissions in China: A two-stage

decomposition approach. Chinese Journal of Population, Resources and Environment, 23(1), 49–61. https://doi.org/10.1016/J.CJPRE.2025.01.005

Toffler Alvin. (1981). La tercera ola. Ediciones Nacionales . https://marisabelcontreras.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/01/la-tercera-ola.pdf

Torrie, R. D., Stone, C., & Layzell, D. B. (2016). Understanding energy systems change in Canada: 1. Decomposition of total energy intensity. Energy Economics, 56, 101–106. https://doi.org/10.1016/J.ENECO.2016.03.012

Ugalde Hernández, O. (2023). Could Economic Growth Propel Costa Rica to Lessen its Environmental Debasement? Environmental Kuznets Curve (1990-2021). Revista de Relaciones Internacionales. https://doi.org/10.15359/ri.96-2.2

Valencia, E., Maribel Gordon García, J., Maricela Jaramillo Mediavilla, K., Ángel Guallpa Calva, M., & Jacqueline Jaramillo Mediavilla, S. (2025). Metodología de la investigación científica: enfoques, técnicas y aplicaciones para la producción científica de alto impacto.

Valencia, H., Santillán, R. J., & Venegas, F. (2020). On the Interaction among Economic Growth, Energy-Electricity Consumption, CO2 Emissions, and Urbanization in Latin America. Revista Mexicana de Economia y Finanzas Nueva Epoca, 15(4), 745–760. https://doi.org/10.21919/remef.v15i4.553

Valencia-Herrera, H., Santillán-Salgado, R. J., Venegas-Martínez, F., Valencia-Herrera, H., Santillán-Salgado, R. J., & Venegas-Martínez, F. (2020). On the Interaction among Economic Growth, Energy-Electricity Consumption, CO2 Emissions, and Urbanization in Latin America. Revista Mexicana de Economía y Finanzas, 15(4), 745–767. https://doi.org/10.21919/REMEF.V15I4.553

Van der Borght, R., & Pallares Barbera, M. (2023). How urban spatial expansion influences CO2 emissions in Latin American countries. Cities, 139, 104389. https://doi.org/10.1016/J.CITIES.2023.104389

Vilà, R., Torrado, M., & Reguant, M. (2019). Análisis de regresión lineal múltiple con SPSS: un ejemplo práctico. REIRE Revista d'Innovació i Recerca En Educació, 12 (2). https://doi.org/10.1344/reire2019.12.222704

Wang, C., Chen, J., Wang, Q., Li, D., Zhu, M., Gan, Z., Qin, M., & Zhang, Y. (2025). The polycentricity of urban population will lead to improvements in urban heat

island effect: Evidence from the Yangtze river delta in China. Sustainable Futures, 9. https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.100510

Wang, N., Fu, X., & Wang, S. (2021). Economic growth, electricity consumption, and urbanization in China: A tri-variate investigation using panel data modeling from a regional disparity perspective. Journal of Cleaner Production, 318, 128529. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128529

Witajewski-Baltvilks, J., Verdolini, E., & Tavoni, M. (2017). Induced technological change and energy efficiency improvements. Energy Economics, 68, 17–32. https://doi.org/10.1016/J.ENECO.2017.10.032

Wooldridge, J. M. (n.d.). Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data.

Yoo, S. H., & Kwak, S. Y. (2010). Electricity consumption and economic growth in seven South American countries. Energy Policy, 38(1), 181–188. https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2009.09.003

You, W., Zhang, Y., & Lee, C. C. (2022). The dynamic impact of economic growth and economic complexity on CO2 emissions: An advanced panel data estimation. Economic Analysis and Policy, 73, 112–128. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eap.2021.11.004

Yuan, F., & Zhang, P. (2024). Are natural resources, sustainable growth and entrepreneurship matter endogenous growth theory? The strategic role of technical progress. Resources Policy, 96, 105189. https://doi.org/10.1016/J.RESOURPOL.2024.105189

Zafarullah, H. (2025). Balancing economic growth and sustainability for environmental protection in Southeast Asia: a regional perspective. Southeast Asia. https://doi.org/10.1108/SEAMJ-01-2025-0003

Zamora Torres, A. I., & Real, O. B. R. (2022). Efficiency of customs in the APEC region and the most commercially dynamic countries. Mexico y La Cuenca Del Pacifico, 11(32), 53–76. https://doi.org/10.32870/mycp.v11i32.779

Zilio, M., & Ángeles Caraballo, M. (n.d.). ¿EL FINAL DE LA CURVA DE KUZNETS DE CARBONO? Un análisis semiparamétrico para la América Latina y el Caribe*.