



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS POLÍTICAS Y
ADMINISTRATIVAS
CARRERA DE ECONOMÍA**

**Emisiones de CO₂ y población urbana: un análisis para América
Latina**

Trabajo de Titulación para optar al título de Economista

Autor:

Paredes Sánchez, Raúl Alejandro

Tutora:

Mgs. Econ. Verónica Adriana Carrasco Salazar

Riobamba, Ecuador. 2024

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Raúl Alejandro Paredes Sánchez con cédula de ciudadanía 0604388496, autor del trabajo de investigación titulado: Emisiones de CO2 y población urbana: un análisis para América Latina, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 19 de noviembre de 2024.




Raúl Alejandro Paredes Sánchez

C.I: 0604388496

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Verónica Adriana Carrasco Salazar catedrático adscrito a la Facultad de Ciencias Políticas y Administrativas, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: Emisiones de CO2 y población urbana: un análisis para América Latina, bajo la autoría de Raúl Alejandro Paredes Sánchez; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 19 días del mes de noviembre de 2024.



Mgs. Econ. Verónica Adriana Carrasco Salazar

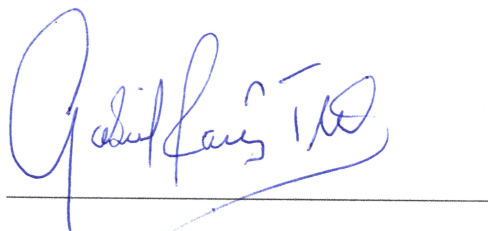
C.I: 0603824749

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

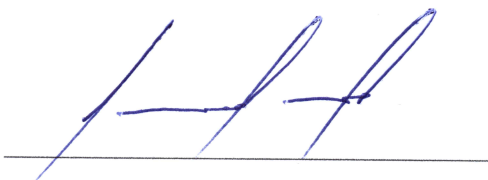
Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Emisiones de CO2 y población urbana: un análisis para América Latina, presentado por Raúl Alejandro Paredes Sánchez, con cédula de identidad número 0604388496, bajo la tutoría de Mgs. Econ. Verónica Adriana Carrasco Salazar; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba, a los 19 días del mes de noviembre de 2024.

Econ. Gabriel Ramírez Torres, PhD.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Econ. Eduardo Zurita, PhD.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Econ. María Eugenia Borja
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





CERTIFICACIÓN

Que, **PAREDES SÁNCHEZ RAÚL ALEJANDRO** con CC: **0604388496**, estudiante de la Carrera **ECONOMÍA**, Facultad de **CIENCIAS POLÍTICAS Y ADMINISTRATIVAS**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**EMISIONES DE CO2 Y POBLACIÓN URBANA: UN ANÁLISIS PARA AMÉRICA LATINA**", cumple con el 4%, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **TURNITIN ORIGINALITY CHECK**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 18 de octubre de 2024

Mgs. Econ. Verónica Adriana Carrasco Salazar
TUTOR(A)

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, cuya guía y fortaleza han sido mi luz en el camino hacia la culminación de esta tesis. A mis padres, cuyo amor incondicional y sacrificio han sido mi mayor motivación y soporte en cada etapa de mi vida académica. A mi querido hermano, compañero de aventuras y confidente, por su constante apoyo y aliento.

A mi querida tutora, por compartir conmigo sus extensos conocimientos y guiarme de manera incondicional hasta la culminación de esta tesis. Le agradezco infinitamente.

A la prestigiosa carrera de Economía y a todo su distinguido cuerpo docente, por brindarme las herramientas y conocimientos necesarios para mi formación académica y profesional, y todos los que han dejado su huella en mi camino, este trabajo está dedicado con profundo agradecimiento.

Raúl Alejandro

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero dar gracias a Dios quien me ha dado la fortaleza, la sabiduría y la guía durante todo este proceso académico.

A mis padres y a mi hermano, les agradezco de todo corazón, porque siempre han creído en mí y en todos mis sueños. Su inquebrantable apoyo, sacrificio y aliento han sido el pilar sobre el cual he construido mis sueños. Gracias por su amor infinito, por creer en mí y por ser mi mayor fuente de inspiración. Los amo profundamente.

También quiero agradecer a mi tutora de tesis por su paciencia y su dedicación a lo largo de este proyecto. Sus consejos sabios y su apoyo constante han sido fundamentales para alcanzar este logro.

Agradezco a toda la carrera de Economía por proporcionar los recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación. A la Mgs. Econ. Verónica Adriana Carrasco por su valiosa guía. Además, mi agradecimiento se extiende a mis profesores, compañeros de estudio, amigos y seres queridos, cuyo apoyo y aliento han sido invaluable en este camino.

Este logro no solo es mío, sino de todos aquellos que han sido parte de este viaje. A cada uno de ustedes, les estoy profundamente agradecido.

Raúl Alejandro

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
CAPITULO I	14
INTRODUCCIÓN	14
1. Antecedentes	14
2. Planteamiento del problema.....	16
2.1 Formulación de la pregunta de investigación	17
3. Hipótesis	17
4. Justificación	17
5. Objetivos	19
5.1 General.....	19
5.2 Específicos.....	19
6. Variables de control	19
CAPITULO II.....	23
MARCO TEÓRICO	23
2.1 Estado del Arte.....	23
2.1.1 Hipótesis de un efecto lineal de la urbanización sobre las emisiones de CO2	24
2.1.2 Hipótesis de una relación en U invertida entre la urbanización y las emisiones de CO2	25
2.2 Marco conceptual	26
2.2.1 Deconstrucción del concepto “urbanización”	26
2.2.2 Determinantes de la urbanización.....	28
2.2.3 Desarrollo urbano sostenible.....	29
2.2.4 Degradación ambiental e indicadores.....	31
2.2.5 Relación teórica entre Urbanización y Medio Ambiente	32
2.2.6 Emisiones de dióxido de carbono (CO2) y su relación con la urbanización	35
2.2.7 Evolución de la población urbana en América Latina durante el período 2000-2019	37
2.2.8 Comportamiento de las emisiones de CO2 en América Latina durante el período 2000-2019.	38
CAPITULO III	40
MARCO METODOLÓGICO	40
3.1 Enfoque metodológico.....	40

3.2	Datos y variables	41
3.2.1	Fuente de datos	41
3.2.2	Variable dependiente	41
3.2.3	Variable independiente de interés	42
3.2.4	Variables de control	42
3.2.4	Análisis de datos	43
3.3	Estrategia metodológica	44
CAPITULO IV		47
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		47
4.2	Identificar si es apropiado un modelo de efectos fijos o modelo de efectos aleatorio	48
4.3	Verificación del supuesto de autocorrelación	49
4.4	Verificación del supuesto de heterocedasticidad	49
4.5	Regresión con efectos aleatorios para determinar sus coeficientes	50
4.6	Discusión	52
CAPÍTULO V		55
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		55
5.1	Conclusiones	55
5.2	Recomendaciones	56
BIBLIOGRAFÍA		58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Descripción de las variables a utilizar para el análisis	20
Tabla 2 Países representados en los datos	21
Tabla 3 Identificación de los datos de panel.....	47
Tabla 4 Datos de Panel	48
Tabla 5 Regresión con efectos aleatorios para determinar sus coeficientes	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Transición ambiental.....	34
---	----

RESUMEN

Esta investigación analiza la influencia de la población urbana en las emisiones de CO₂ en 13 países de América Latina durante 2000-2019. La urbanización acelerada en la región conlleva una mayor demanda energética y actividades contaminantes, presionando la calidad ambiental. El estudio adopta un enfoque econométrico con datos de panel, estimando un modelo que relaciona emisiones de CO₂ con urbanización y otras variables explicativas como PIB per cápita, consumo renovable y manufacturas. Los resultados muestran que el crecimiento poblacional urbano tiene un efecto positivo sobre las emisiones. Un incremento de 1% en la proporción de población urbana se asocia a un aumento de 0,83% en las emisiones de CO₂. Sin embargo, se observa también evidencia de una relación no lineal en forma de U invertida, sugiriendo que la urbanización inicialmente incrementa la contaminación, pero eventualmente la mitiga luego de cierto umbral de desarrollo, por adopción de tecnologías limpias. El estudio destaca que la expansión urbana en América Latina impone presiones ambientales, pero la transición hacia economías bajas en carbono es posible con planificación sostenible de las ciudades, energías renovables e instrumentos económicos como impuestos y subsidios verdes.

Palabras clave: Urbanización, emisiones CO₂, cambio climático, datos panel, América Latina.

ABSTRACT

This research analyzes the influence of the urban population on CO2 emissions in 13 Latin American countries during 2000-2019. Accelerated urbanization in the region leads to greater energy demand and polluting activities, putting pressure on environmental quality. The study adopts an econometric approach with panel data, estimating a model that relates CO2 emissions with urbanization and other explanatory variables such as GDP per capita, renewable consumption, and manufacturing. The results show that urban population growth has a positive effect on emissions. A 1% increase in the proportion of the urban population is associated with a 0.83% increase in CO2 emissions. However, evidence of a non-linear inverted U-shaped relationship is also observed, suggesting that urbanization initially increases pollution but eventually mitigates it after a certain development threshold due to the adoption of clean technologies. The study highlights that urban expansion in Latin America imposes environmental pressures. Still, the transition to low-carbon economies is possible with sustainable city planning, renewable energy, and economic instruments such as green taxes and subsidies.

Keywords: Urbanization, CO2 emissions, climate change, panel data, Latin America.

Reviewed by:
Mgs. Maria Fernanda Ponce
ENGLISH PROFESSOR
C.C. 0603818188

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1. Antecedentes

Los antecedentes de la investigación titulada “Emisiones de CO₂ y población urbana: un análisis para América Latina” se enmarcan en un contexto global de creciente preocupación ambiental y cambio climático, donde América Latina no es ajena a los desafíos que enfrenta en términos de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y urbanización. Los antecedentes que respaldan esta investigación pueden ser desglosados en varios aspectos fundamentales.

En primer lugar, se observa una tendencia global hacia la urbanización acelerada. La población mundial se está volcando cada vez más hacia las áreas urbanas, y América Latina no es una excepción a esta tendencia. La región ha sido testigo de un aumento constante en la población urbana en las últimas décadas, con más de 80% de sus habitantes viviendo en áreas urbanas en 2021, según datos del Banco Mundial. Este fenómeno de urbanización masiva se asocia con la expansión de ciudades, el crecimiento de las áreas metropolitanas y la concentración de actividades económicas en entornos urbanos Valencia-Herrera, Santillán-Salgado y Venegas-Martínez (2021).

La urbanización conlleva una serie de implicaciones significativas en términos de emisiones de CO₂. A medida que las ciudades crecen y se desarrollan, se incrementa la demanda de energía, tanto para la iluminación y el funcionamiento de edificios como para el transporte, lo que a menudo resulta en un aumento de las emisiones de CO₂. Además, la urbanización suele ir acompañada de la expansión de la infraestructura y el aumento del parque automotor, lo que agrava aún más las emisiones de gases de efecto invernadero.

En segundo lugar, el cambio climático es una cuestión global que ha generado preocupación en los últimos años debido a sus impactos en la salud humana, la biodiversidad, la economía y la seguridad. Los efectos del cambio climático incluyen eventos climáticos extremos, aumento del nivel del mar y variabilidad en los patrones de precipitación. América Latina se encuentra entre las regiones más vulnerables a estos impactos, lo que hace que la mitigación de las emisiones de CO₂ sea una cuestión crítica en la agenda regional.

El contexto de América Latina se caracteriza por su diversidad, tanto en términos de condiciones geográficas como de desarrollo económico. Por un lado, la región alberga una gran variedad de ecosistemas, desde selvas tropicales hasta desiertos, lo que la hace particularmente susceptible a los cambios climáticos. Por otro lado, existe una disparidad significativa en el nivel de desarrollo económico y la infraestructura en la región, lo que se traduce en diferentes niveles de emisiones de CO₂ y capacidad de adaptación.

En tercer lugar, se debe destacar la relevancia de comprender las externalidades de las emisiones de CO₂ en áreas urbanas. Estas externalidades abarcan una serie de impactos que repercuten en la economía, la salud pública y el bienestar general de la población. La contaminación del aire asociada con las emisiones de CO₂ tiene un impacto directo en la salud, generando costos significativos en términos de atención médica y productividad laboral. Además, las externalidades pueden incluir la degradación de la calidad del agua, la pérdida de biodiversidad y otros efectos negativos en el entorno ambiental, que afectan a la sociedad en su conjunto.

Las externalidades de las emisiones de CO₂ representan un costo económico real que debe ser internalizado y considerado en la toma de decisiones y políticas públicas. El análisis y cuantificación de estas externalidades son cruciales para evaluar el costo total de las emisiones de CO₂ y justificar intervenciones orientadas a su reducción. Los estudios económicos y ambientales en el contexto de América Latina han identificado estos costos y externalidades, lo que destaca la importancia de abordar este tema de manera más sistemática y precisa.

En cuarto lugar, es relevante mencionar que las políticas ambientales y de cambio climático han ido adquiriendo mayor protagonismo en la región latinoamericana. Los gobiernos, las organizaciones no gubernamentales y la sociedad civil han promovido iniciativas y regulaciones orientadas a la mitigación de las emisiones de CO₂ y la adaptación al cambio climático. Sin embargo, existe una necesidad constante de generar evidencia sólida y análisis rigurosos que respalden y orienten estos esfuerzos.

Los antecedentes descritos subrayan la necesidad de investigar la relación entre las emisiones de CO₂ y la población urbana en el contexto de América Latina. Esta investigación se enmarca en un contexto de creciente urbanización y preocupación por el cambio climático, y busca contribuir al conocimiento sobre cómo estas dinámicas interactúan y afectan tanto el entorno ambiental como la economía y la sociedad en la región. La comprensión de las causas y las consecuencias de las emisiones de CO₂ en áreas urbanas es crucial para informar políticas públicas, fomentar el desarrollo sostenible y promover la mitigación del cambio climático en América Latina (Mignamissi y Djeufack, 2022).

Por lo tanto, y para profundizar los determinantes de la contaminación ambiental este documento se centra en analizar los efectos de la urbanización sobre las emisiones de CO₂ en América Latina. Este objetivo está motivado por al menos dos razones. En primer lugar, el nuevo paradigma de la urbanización reconoce los efectos del cambio demográfico sobre la contaminación, por lo que destaca la necesidad de una planificación urbana como elemento central para promover la sostenibilidad (Sun et al., 2019 y Poumanyong, y Kaneko, 2010). Aquello requiere de evidencia empírica que permita evaluar la magnitud de la urbanización como variable explicativa de la contaminación. En segundo lugar, no descuidar el impacto de otros determinantes que en conjunto con la urbanización

incrementen de forma significativa las emisiones de CO₂ y profundicen la problemática ecológica actual.

2. Planteamiento del problema

A raíz de los desastres naturales, las altas temperaturas, y los diversos problemas ambientales, el calentamiento global se ha convertido en uno de los temas centrales de discusión en la actualidad y en el desafío común al que se enfrenta la comunidad internacional y los países del mundo (Liu y Bae, 2018). Dentro de esta discusión, se ha llegado a un consenso general sobre el hecho de que las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) constituyen el principal contribuyente al cambio climático, donde únicamente los combustibles fósiles utilizados en las diferentes actividades humanas durante el año 2011 generaron 33,2 mil millones de toneladas de CO₂ en todo el mundo (Wang, Li y Fang, 2017). Además, para el año 2013 las emisiones por el uso de la tierra se elevaron al nivel de 3,2 mil millones de toneladas de CO₂, lo cual ha causado un mayor estrés sobre el medio ambiente (Hanif, 2017).

Ya desde finales del siglo XX, el deterioro ambiental fue asociado a la intensificación de las actividades humanas (Mink, 1993), y el problema se ha profundizado a causa del acelerado crecimiento de la población urbana en las últimas décadas (Al-mulali et al., 2013). De hecho, la transición mundial de la población hacia el sector urbano ha sido significativa, pasando del 39,1% en el año de 1980 al 52 % en el año 2011 (Wang, Li y Fang, 2017). Mientras que, para el año 2020 aproximadamente el 60% de la población mundial se asentó en el área urbana (Zhao et al., 2022). Esta transición ha provocado una serie de efectos, como el aumento de la demanda de energía, el incremento de residuos y desechos industriales, una mayor red de transporte terrestre, un mayor uso de fertilizantes para la agricultura, entre otros, que podrían ser la razón del aumento de las emisiones de CO₂ a causa de la urbanización (Caglar et al., 2022).

Esta problemática se ve respaldada al revisar diferentes casos a nivel mundial. Liu y Han Bae (2018) explican que el aumento de las emisiones de CO₂ en China durante las últimas décadas han sido causada por tres factores: el crecimiento de la actividad económica, la intensificación energética y la urbanización. Al-mulali et al. (2013) señalan que el acelerado crecimiento urbano de la región de Medio Oriente y África del Norte ha provocado un aumento significativo en el consumo de energía derivado en mayores emisiones de CO₂. Grodzicki y Jankiewicz (2022) muestran que el aumento de la urbanización en la región europea ha perjudicado la calidad del aire debido a un aumento en las emisiones de CO₂. Sikder et al. (2022) confirman que, para los países en desarrollo, las emisiones de CO₂ están influenciadas positivamente por la urbanización. Parecería entonces que a pesar de que la urbanización indicaría un mayor nivel de desarrollo económico e industrial, sus efectos tanto directos como indirectos afectan la calidad del medio ambiente.

Por su parte, el papel que desempeñó América Latina en el pasado en relación a la degradación ambiental fue leve, pero en la actualidad, debido a su posición geográfica, el cambio en la estructura demográfica, el proceso de integración a la economía mundial y su diversidad en recursos naturales, han hecho que su influencia en el medio ambiente sea mayor (Hanif, 2017). Países como Brasil, México, Colombia, Chile y El Salvador que lideran los procesos de desarrollo en la región, han intensificado el consumo de energía no renovable, hecho que se ha generado en un crecimiento de la población urbana, y lo cual ha afectado la calidad del medio ambiente. De acuerdo con los datos del Banco Mundial (2023) las emisiones de CO₂ en América Latina incrementaron en un 16% durante las dos últimas décadas. Mientras que su población urbana pasó de representar el 64,5% en el año de 1980 al 81,6% en el año 2021.

La importancia de capturar los efectos de la urbanización en la contaminación ambiental surge en la necesidad de proporcionar evidencia suficiente para incentivar la conciencia social y el desarrollo posible de políticas públicas que articule una planificación urbana con un desarrollo sostenible de la sociedad, cuyo pilar sea una gestión inteligente de los recursos naturales y la transición a fuentes de energía renovable. Así mismo, la construcción de un marco analítico integral permitirá observar las posibles heterogeneidades estructurales y con ello contemplar como otros factores fortalecen el efecto de la urbanización sobre las emisiones de CO₂.

2.1 Formulación de la pregunta de investigación

¿Cuál es la influencia de la población urbana en las emisiones de CO₂ en América Latina?

3. Hipótesis

Hipótesis Nula (H₀):

“No existe una relación estadísticamente significativa entre la tasa de urbanización y las emisiones de CO₂ en los países de América Latina, cuando se controlan otros factores como el PIB per cápita, el consumo de energía renovable y el nivel de industrialización.”

Hipótesis Alternativa (H₁):

“Existe una relación positiva y estadísticamente significativa entre la tasa de urbanización y las emisiones de CO₂ en los países de América Latina, cuando no se controlan otros factores como el PIB per cápita, el consumo de energía renovable y el nivel de industrialización.”

4. Justificación

La justificación de la investigación titulada “Emisiones de CO₂ y población urbana: un análisis para América Latina” se fundamenta en la creciente preocupación global sobre los efectos del cambio climático y la importancia de comprender los factores que influyen

en las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en el contexto de las áreas urbanas de América Latina. Esta justificación se articula en torno a una serie de razones primordiales que respaldan la necesidad de llevar a cabo este estudio multidisciplinario, que abarca aspectos económicos, ambientales y sociales.

La urbanización acelerada en América Latina ha resultado en una expansión significativa de las áreas urbanas y un aumento concomitante en la población urbana. Este proceso de urbanización se ha traducido en un incremento en las emisiones de CO₂ debido a la mayor demanda de energía, el crecimiento del parque automotor, la expansión de la infraestructura y la concentración de actividades industriales. Las ciudades de América Latina enfrentan desafíos relacionados con la sostenibilidad ambiental y la mitigación del cambio climático. Comprender las causas y las dinámicas subyacentes a las emisiones de CO₂ en este contexto es crucial para informar políticas públicas y estrategias de desarrollo sostenible.

Luego, el análisis de las emisiones de CO₂ en áreas urbanas es esencial en el contexto del cambio climático global. América Latina se encuentra expuesta a una serie de impactos climáticos adversos, como eventos climáticos extremos, variabilidad en los patrones de precipitación y aumento del nivel del mar, que afectan a las poblaciones urbanas y rurales por igual. La mitigación de las emisiones de CO₂ es un componente fundamental para frenar el calentamiento global y reducir la vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático. Además, se requiere una comprensión más profunda de cómo las poblaciones urbanas interactúan con su entorno ambiental y cómo esto repercute en su bienestar y calidad de vida.

También, las externalidades de las emisiones de CO₂ en áreas urbanas representan un aspecto crítico que necesita ser abordado. Estas externalidades incluyen la contaminación del aire, la degradación de la calidad del agua, la pérdida de biodiversidad y los impactos en la salud pública. Las externalidades pueden tener un impacto significativo en la economía local, aumentando los costos de atención médica y disminuyendo la productividad laboral. Comprender y cuantificar estas externalidades es esencial para evaluar el costo real de las emisiones de CO₂ y para justificar intervenciones políticas orientadas a su reducción.

Es importante mencionar la investigación en torno a las emisiones de CO₂ y la población urbana en América Latina es especialmente relevante debido a las particularidades regionales. Aunque América Latina contribuye en menor medida a las emisiones globales de CO₂ en comparación con las economías más industrializadas, la región se encuentra entre las más vulnerables a los efectos del cambio climático. Además, existen diferencias significativas en los patrones de urbanización y desarrollo en América Latina en comparación con otras regiones del mundo, lo que requiere un análisis específico y contextual.

Por último, el análisis de las emisiones de CO₂ y la población urbana en América Latina se enmarca en un contexto de creciente conciencia ambiental y compromiso político

en la región. Los gobiernos, las organizaciones no gubernamentales y la sociedad civil han promovido políticas y acciones orientadas a la mitigación y adaptación al cambio climático. La generación de evidencia sólida y análisis rigurosos es fundamental para respaldar y orientar estos esfuerzos.

Esta investigación también aborda cuestiones económicas cruciales. El análisis de las emisiones de CO₂ desde una perspectiva económica ofrece la oportunidad de evaluar los costos y beneficios de las políticas de reducción de emisiones, así como de identificar oportunidades para la innovación y la inversión en tecnologías limpias. Además, permite analizar cómo las emisiones de CO₂ afectan el bienestar económico y social de la población urbana, incluyendo sus ingresos, empleo y calidad de vida. Luego, la investigación sobre “Emisiones de CO₂ y población urbana: un análisis para América Latina” se justifica en virtud de la urgencia de abordar los desafíos del cambio climático en una región altamente urbanizada. El estudio es relevante tanto desde una perspectiva ambiental como económica, ya que busca entender y cuantificar las complejas relaciones entre las emisiones de CO₂, la población urbana y las externalidades ambientales en un contexto regional específico. Esta investigación tiene el potencial de informar la toma de decisiones y políticas públicas, promoviendo un desarrollo sostenible y la reducción de las emisiones de CO₂ en América Latina.

5. Objetivos

5.1 General

Determinar el efecto de la población urbana en las emisiones de CO₂ en América Latina, durante el periodo 2000-2019.

5.2 Específicos

- Analizar la evolución de la población urbana en los países latinoamericanos en el periodo 2000 – 2019.
- Describir el comportamiento de las emisiones de CO₂ durante el periodo de estudio en los países mas representativos de Latinoamérica.
- Medir la influencia del crecimiento de la población urbana en las emisiones de CO₂ en los países latinoamericanos en el periodo 2000 – 2019.

6. Variables de control

Serán variables que resultaron ser altamente significativas en los estudios empíricos revisados. En este sentido, las variables son: el crecimiento económico, descrito como el PIB per capital que mide el nivel de ingreso (Wang, Li y Fang, 2018); la industrialización medida por medio del valor agregado de la industria en porcentajes del PIB que refleja el nivel de modernización (Xu y Lin, 2015) y el consumo de energía renovable en porcentajes del consumo total de energía como valor agregado en la

mitigación de los efectos negativos en el medio ambiente (Amin y Song, 2023). En la Tabla 1 se presenta las variables a utilizar:

Tabla 1 Descripción de las variables a utilizar para el análisis

Variable	Definición	Unidad de medida	Fuente de datos
Emisiones totales de dióxido de carbono (CO2)	Emisiones de gas de efecto invernadero producidas por un particular en un periodo determinado (Herva et al., 2011)	Emisiones de CO2 por kilotonelada	Banco Mundial 1
Urbanización	Concentración poblacional en el área urbana	Porcentaje de la población urbana en relación a la población total	Banco Mundial 1
Crecimiento económico	Incremento de la renta por habitante	PIB per cápita	CEPAL
Industrialización	Mide el nivel de producción industrial final	Valor agregado en porcentajes PIB	Banco Mundial 1
Energía renovable	Utilización de energías limpias. Mide el progreso hacia una economía más sustentable	Porcentaje del uso de energía total	Banco Mundial 1

Tomado de: Banco Mundial (2023c).

Elaboración; Autor

La selección de países representados en este estudio sobre emisiones de CO2 y población urbana en América Latina abarca un total de 13 naciones, ofreciendo una muestra diversa y representativa de la región. Esta selección incluye a Argentina, Brasil, Bolivia, Colombia, Chile, Ecuador, México, Perú, Paraguay, Uruguay, Costa Rica, Panamá y República Dominicana.

Tabla 2 Países representados en los datos

Países Representados
Argentina
Brasil
Bolivia
Colombia
Chile
Ecuador
México
Perú
Paraguay
Uruguay
Costa Rica
Panamá
República Dominicana

Tomado de: Banco Mundial (2023c).

Elaboración; Autor

Esta muestra se caracteriza por su diversidad geográfica, incluyendo países de América del Sur, América Central y el Caribe. Tal variedad permite un análisis que abarca diferentes subregiones de América Latina, cada una con sus propias características climáticas, económicas y sociales. Además, la selección incluye países de diversos tamaños, desde gigantes regionales como Brasil y México hasta naciones más pequeñas como Uruguay y Costa Rica, lo que posibilita examinar si el tamaño del país influye en la relación entre urbanización y emisiones de CO₂.

Otro aspecto importante de esta selección es la inclusión de países con diferentes niveles de desarrollo económico. Desde economías más avanzadas como Chile y Uruguay hasta países en desarrollo como Bolivia y Paraguay, esta variedad permite analizar cómo el nivel de desarrollo económico interactúa con la urbanización y las emisiones de CO₂. Asimismo, los países seleccionados presentan diferentes grados de urbanización, lo que enriquece el análisis sobre cómo distintos niveles de población urbana afectan las emisiones de CO₂.

La diversidad en políticas ambientales entre estos países es otro factor significativo. Cada nación ha adoptado diferentes enfoques en cuanto a políticas de mitigación del cambio climático y protección ambiental, lo que permite un análisis más completo de cómo las políticas gubernamentales pueden influir en la relación entre urbanización y emisiones. En conjunto, aunque no incluye a todos los países de América Latina, esta selección ofrece una muestra altamente representativa de la región,

abarcando aproximadamente el 80% de la población y el PIB de América Latina, lo que confiere robustez y relevancia a los resultados del estudio.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

El estudio de la relación entre urbanización y emisiones de CO₂ ha ganado relevancia en las últimas décadas, a medida que la urbanización se acelera y el cambio climático se convierte en una preocupación central. La investigación empírica se ha enfocado en determinar los efectos contemporáneos e Inter temporales de la urbanización sobre el medio ambiente.

Bajo la hipótesis de un efecto lineal, diversos estudios encuentran una relación positiva entre urbanización y emisiones de CO₂. Adusah-Poku (2016) en África Subsahariana y Wang, Li y Fang (2018) a nivel global hallan elasticidades positivas y significativas. Similares resultados surgen de los análisis de Mahmood, Alkhateeb y Furqan (2020) en Arabia Saudita; Grodzicki y Jankiewicz (2022) en Europa; Cheng y Hu (2023) en China; y Amin y Song (2023) en Asia. Esto sugiere que la urbanización intensifica la demanda energética e industrial, incrementando las emisiones contaminantes.

Bajo la hipótesis de una relación no lineal en forma de U invertida, Zhu, You y Zeng (2012) encuentran en países emergentes y Xu y Lin (2015) en China evidencia de efectos no lineales donde la urbanización reduce emisiones después de cierto umbral. Esto se explica por una mayor capacidad tecnológica e institucional en etapas avanzadas de desarrollo urbano. Hanif (2017) haya una relación de U invertida para América Latina, resaltando el rol de las energías renovables en la mitigación.

La literatura empírica muestra un efecto positivo de corto plazo de la urbanización sobre las emisiones, mientras que en el largo plazo se espera una relación no lineal condicionada por el desarrollo tecnológico e institucional. Persisten vacíos en el análisis regional y en la incorporación de otros determinantes clave como el crecimiento económico y el consumo energético.

2.1 Estado del Arte

Las investigaciones empíricas han centrado sus esfuerzos en determinar los efectos contemporáneos de la urbanización como indicador de la modernización sobre el medio ambiente (York, Rosa y Dietz, 2010) y, por otro lado, los efectos de corto y largo plazo, enmarcados en la hipótesis de que en el largo plazo un mayor desarrollo social y económico incentiva el uso de tecnologías y la generación de programas institucionales para mitigar los efectos de la urbanización (Ahmed, Wang y Ali, 2019).

2.1.1 Hipótesis de un efecto lineal de la urbanización sobre las emisiones de CO2

Adusah-Poku (2016) estudia la relación entre urbanización, población y emisiones de CO2 en 45 países de África subsahariana (SSA) bajo la estimación de datos de panel que contiene datos anuales entre el periodo de 1990 y 2010. Los resultados muestran la tendencia teórica, donde un aumento del 1% en la población total aumenta las emisiones de CO2 en un 0,66%, mientras que un aumento del 1% en el nivel de urbanización aumenta las emisiones de CO2 en un 0,2044%. Se debe tener presente que la biomasa es la principal fuente de energía para estos países, por lo que los efectos a largo plazo seguirán la tendencia encontrada en los efectos contemporáneos. Effiong (2018) encuentra resultados opuestos al analizar el vínculo entre urbanización y medio ambiente para 49 países africanos durante el periodo 1990- 2010. Esto sugiere que los resultados empíricos no son concluyentes para este continente, por lo que la discusión sigue abierta ante la posibilidad de contrarrestar los efectos nocivos en el medio ambiente.

Wang, Li y Fang (2018) exploran empíricamente el vínculo entre urbanización, desarrollo económico, consumo de energía y emisiones de CO2 de 170 países de diferentes niveles de ingreso para el periodo 1980 – 2011. Mediante el uso de pruebas de causalidad de Granger y la estimación de un modelo de corrección de errores (VECM) bajo la construcción de datos de panel, los resultados muestran que en el corto y largo plazo el crecimiento económico, el consumo de energía y la urbanización impactan positivamente sobre las emisiones de CO2, tanto para los países de ingresos medios-altos como para los de ingresos medios-bajos.

Mahmood, Alkhateeb y Furqan (2020) investigan los efectos de la industrialización y la urbanización en las emisiones de CO2 per cápita en Arabia Saudita utilizando datos anuales enmarcados en el periodo de 1968 a 2014. Para capturar los efectos de corto y largo plazo utilizan un modelo de regresión de distribución de rezagos (ARDL). Los resultados evidencian que la que urbanización tiene un efecto positivo y significativo sobre las emisiones de CO2 tanto en el corto como en el largo plazo, y cuya tendencia pronosticada es creciente. A largo plazo, un incremento del 1% en la población urbana de Arabia Saudita incrementará las emisiones de CO2 en un 5,9035%. Las conclusiones señalan la urgencia de programas de sostenibilidad ambiental que contribuyan a reducir los efectos nocivos en el medio ambiente.

Grodzicki y Jankiewicz (2022) evalúan el impacto de las energías renovables y el nivel de urbanización en las emisiones de CO2 para un conjunto de países de Europa entre 1995 y 2018. Aplicando un enfoque espacio-temporal bajo una estructura modelar estocástica sus hallazgos más significativos muestran que un aumento en el nivel de urbanización provoca una expansión de la contaminación ambiental al aumentar las emisiones de CO2. Sin embargo, bajo un análisis por región encontraron que en Europa del norte las emisiones de CO2 y el nivel de urbanización aumentaron en relación a la región a las otras regiones.

Cheng y Hu (2023) revisan empíricamente los efectos de la urbanización sobre los cambios en las emisiones de CO₂ que China desde 1997 a 2018. Bajo la estimación de un panel dinámico construido con datos de 30 provincias chinas, los resultados muestran que la urbanización impacta positiva y significativamente sobre las emisiones de CO₂. Existen dos razones por lo que se da este resultado. Primero, el incremento significativo de la construcción de infraestructuras residenciales, lo cual aumenta el consumo de energía que inevitablemente genera emisiones de CO₂. Segundo, las asignaciones ineficientes que no permiten un adecuado tratamiento de los desechos contaminantes. Por su parte, Wang, Zeng, y Wu, (2016) encuentran que la urbanización aumenta el consumo de energía y las emisiones de CO₂ en China. Sin embargo, el impacto a nivel regional es heterogéneo. En las provincias al norte de China donde se encuentra la mayor concentración de producción de carbono es donde la urbanización impacta mayormente en las emisiones de CO₂, Mientras que, las ciudades en una etapa posindustrial como Beijing, experimentan un gran efecto de la urbanización sobre el deterioro ambiental. Por lo que, las estructuras industriales y su calidad condicionan la magnitud del efecto de urbanización.

Sofuoğlu, Alver y Bozali (2023) calculan el impacto de la urbanización sobre la calidad ambiental en Turquía para el periodo 1965 – 2020. Para ello emplean un enfoque de prueba de límites ARDL de Fourier en un entorno dinámico de largo plazo. Sus resultados muestran que el crecimiento económico, el consumo de energía y la urbanización provocan una menor calidad ambiental al aumentar las emisiones de CO₂. Específicamente, por un incremento del 1% en el crecimiento económico, el consumo de energía y la urbanización, las emisiones de CO₂ crecen en un 0,34%, 0,68% y 0,06% respectivamente. Sus conclusiones revelan que los mecanismos que han impulsado el crecimiento económico han carecido de estrategias públicas que incentiven la sostenibilidad ambiental, por lo que este país necesita de políticas ambientales y planificación urbana a largo plazo.

Amin y Song (2023) bajo un enfoque comparativo analizan el vínculo entre crecimiento económico, consumo de energía renovable y no renovable, la urbanización, el comercio y las emisiones de CO₂ para los países del sur y este de Asia en el periodo que va desde el año 2000 al 2018. Metodológicamente utilizan el enfoque ARDL de efectos correlacionados, el cual permite explorar relaciones de corto y largo plazo. Sus resultados muestran que el comercio y la urbanización aumentaron las emisiones de CO₂ en Asia Oriental, Mientras que, en el sur de Asia únicamente el crecimiento económico, el consumo de energía no renovable y el comercio inciden significativamente sobre las emisiones de CO₂.

2.1.2 Hipótesis de una relación en U invertida entre la urbanización y las emisiones de CO₂

Zhu, You y Zeng (2012) investigan la relación entre urbanización y emisiones de CO₂ entre una muestra de 20 países emergentes durante entre el periodo 1992 y 2008. Bajo

una regresión por mínimos cuadrados generalizados en una estructura de datos de panel con efectos fijos semiparamétrico sus resultados muestran que la urbanización impacta positiva y significativamente sobre las emisiones de CO₂, en específico un incremento del 1% aumenta en un 3,55% las emisiones de CO₂. Para capturar el efecto de U invertida incorpora el logaritmo de la variable urbanización al cuadrado y cuyo signo es negativo en relación a las emisiones de CO₂, lo cual evidencia la relación no lineal.

Xu y Lin (2015) examinan el impacto de la industrialización y la urbanización en las emisiones de CO₂ en China bajo la estimación de datos de panel provincial entre 1990 y 2011. Las elasticidades parciales de la industrialización y la urbanización son 0,146 y 0,117 respectivamente, lo cual indican que la industrialización y la urbanización conducen a aumentos en las emisiones de CO₂. Por otro lado, la estimación de los efectos no lineales sugiere una relación en forma de U invertida con una significancia del 5%. Sin embargo, el impacto no lineal en la región occidente no es significativo, por lo que la heterogeneidad estructural da paso a dinámicas diferentes en los canales por los cuales se transmiten los efectos de la urbanización sobre el medio ambiente.

Hanif (2017) mediante la aplicación de un método generalizado del momento del sistema bajo una estructura de datos de panel explora los efectos en conjunto del consumo de combustibles fósiles, el consumo de energía eléctrica, las importaciones basadas en petróleo, y la expansión de la urbanización sobre la degradación ambiental en América Latina entre los años 1990 y 2015. Los resultados muestran una relación en forma de U invertida entre la urbanización y las emisiones de CO₂. Así mismo, sus resultados abren la discusión teórico y práctica al resaltar que el consumo de energías renovables permitirá reducir la huella de carbono en la región latinoamericana.

En complemento, la investigación de Nathaniel, Nwulu y Bekun (2021) mencionan que, la alta dependencia a la agricultura y la minería por parte de la mayoría de países de América Latina han impulsado las crecientes emisiones de CO₂. Sus resultados mencionan que la urbanización exacerbara el daño ambiental al generar mayores emisiones de CO₂. Sin embargo, el desarrollo del capital humano desempeña un papel moderador por medio de la promoción de la sostenibilidad, por lo que supone que los procesos de industrialización basados en el conocimiento ayudarán a mitigar y reducir las emisiones de CO₂ en la región.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Deconstrucción del concepto “urbanización”

El concepto de urbanización ha sido abordado desde múltiples perspectivas a lo largo de la historia, denotando la complejidad y multidimensionalidad de este fenómeno. Inicialmente, bajo un enfoque demográfico, Tisdale (1941) definía la urbanización como un proceso de concentración poblacional, ya sea por multiplicación de puntos de concentración o por aumento en las dimensiones de concentraciones existentes. No obstante, esta

conceptualización presentaba limitaciones al no establecer umbrales claros para la formación de ciudades.

Posteriormente, Lampard (1966) introdujo una visión más integral al distinguir definiciones culturales, estructurales y demográficas de urbanización. La dimensión cultural se refería a la difusión de prácticas y pensamientos urbanos hacia las periferias. La dimensión estructural implicaba movilización poblacional por cambios en actividades productivas. Y la demográfica seguía enfocándose en concentración poblacional.

Autores contemporáneos como Sharma (2003) y Hussain e Imitiyaz (2018) conciben la urbanización como crecimiento de la población urbana, resaltando el cambio en patrones de comportamiento. No obstante, estos autores enfatizan que la distinción entre lo urbano y rural se define mejor en términos económicos, donde las prácticas agrícolas denotan ocupaciones rurales y los servicios e industria representan lo urbano.

La urbanización es un proceso complejo con múltiples dimensiones interrelacionadas, que va más allá de un simple crecimiento demográfico. Involucra aspectos culturales, estructurales, económicos y sociales estrechamente vinculados. Si bien las definiciones demográficas ofrecen cierta sencillez operativa, es necesario comprender la urbanización de forma integral, considerando sus diversas aristas e implicaciones. Ello requiere un abordaje multidisciplinario que reconozca la complejidad inherente de este fenómeno contemporáneo.

Pasando por las teorías de la evolución de los sistemas urbanos (Tisdale, 1941; Barry, 1972; Geyer, 1987) y economías de aglomeración (Hirschman, 1958; Pred, 1966) la urbanización ha sido enmarcada como un proceso social y demográfico que conduce a la creación de ciudades. Sin embargo, esta definición es simple, ambigua y estandarizada, puesto que, como lo resaltan de manera acertada Hussain e Imitiyaz (2018) la urbanización es un fenómeno muy complejo, con innumerables dimensiones que abarcan desde la construcción del entorno físico del hábitat humano hasta los condicionamientos morales y políticos inherentes al entorno social. Esto ha hecho que el estudio de la urbanización sea de una naturaleza multidisciplinaria.

Bajo un enfoque demográfico tradicional, Tisdale (1941) menciona que la urbanización es un proceso de concentración poblacional que se trata de dos maneras: la multiplicación de los puntos de concentración y el aumento en las dimensiones de las concentraciones individuales. Esta es una definición objetable debido a la inexistencia de un nivel claro, ya sea tamaño o densidad, donde los puntos de concentración encausen en la formación de ciudades. Aunque Tisdale (1941) reconoce cierta limitación, menciona que es superior aquellas que definen a la urbanización como la difusión y divulgación de las características de los centros urbanos.

Por su parte, Lampard (1966) abarca distintas definiciones de urbanización enmarcadas en tres aspectos: culturales, estructurales y demográficos. Bajo el enfoque cultural menciona que la urbanización es un proceso de radiación de prácticas y pensamientos que se extienden desde las áreas urbanas a las periferias. En cuanto al concepto estructural, la urbanización implica un proceso de movilización poblacional a razón de permutaciones en las actividades. En este sentido, la migración de poblaciones rurales con prácticas agrícolas hacia sectores con actividades industriales. Finalmente, bajo el plano demográfico, concibe a la urbanización como un aumento en la concentración poblacional. Al igual que Tisdale (1941) reconoce que el enfoque demográfico captura de forma simple la dimensión espacio y tiempo arraigado al proceso de urbanización.

Autores como Sharma (2003), McGranahan y Satterthwaite (2014) y Hussain e Imitiyaz (2018) se refieren a la urbanización como un proceso de crecimiento de la población que habita en el área urbana. Dentro de esta definición se encuentra implícito el concepto de maduración urbana, lo cual implica la movilización (aspecto demográfico y estructural), y el cambio en el patrón de comportamiento (aspecto cultural). Sin embargo, Hussain e Imitiyaz (2018) menciona que es el carácter económico lo que da lugar a la definición de urbanización. En este sentido, las prácticas agrícolas califican como ocupaciones no urbanas, mientras que las prácticas en la dotación de servicios y producción de bienes con ocupaciones urbanas.

De tal manera, la urbanización es un proceso complejo que abarca aspectos demográficos, sociales, económicos. En un sentido general, la urbanización es vista como un proceso de concentración. Aunque la definición en este aspecto es limitada, su sencillez captura los aspectos delimitados por las diferentes características que forman parte del proceso de maduración urbana.

2.2.2 Determinantes de la urbanización

La urbanización no es un proceso espontáneo, sino el resultado de múltiples factores subyacentes que impulsan el crecimiento de las áreas urbanas. Diversos autores han identificado determinantes demográficos, económicos, sociales y políticos que influyen en los niveles de urbanización.

Según Firebaugh (1979), los cambios en los niveles de urbanización se explican por migración neta hacia áreas urbanas, reclasificación de áreas previamente rurales como urbanas, y diferencias en las tasas de crecimiento natural. La migración rural-urbana responde frecuentemente a condiciones adversas y limitaciones económicas en áreas rurales, como señala Long (1975).

Por su parte, Kasarda y Crenshaw (1991) destacan factores económicos, como crecimiento industrial y necesidades de mano de obra, así como demográficos, destacando migración y crecimiento poblacional. La globalización también es relevante al expandir

redes internacionales y movilidad. Finalmente, la disponibilidad de recursos es un determinante clave. Hofmann y Wan (2013) ratifican empíricamente el rol del PIB, industrialización y educación.

Kasarda y Crenshaw (1991) bajo un análisis de diferentes teorías y modelos que explican la urbanización, señalan que los principales factores que impulsan a esta son: económicos (como el crecimiento de la industria y la necesidad de mano de obra); demográficos (como la migración y el crecimiento poblacional); la globalización por medio de la creación de ciudades globales que permiten fortalecer redes internacionales que facilitan los intercambios de bienes fomentando el crecimiento económico y la industria y la movilización humana; y finalmente, la disponibilidad y acceso a recursos. Por su parte, Hofmann y Wan (2013) bajo un ejercicio empírico encuentran que el crecimiento del PIB, la industrialización y la educación impactan positivamente sobre la urbanización. En este sentido, estos tres determinantes parecerían estar asociados con mayores ingresos y oportunidades laborales que fomentan mayores niveles de urbanización.

De acuerdo a Firebaugh (1979) el nivel de urbanización puede cambiar debido a tres factores: (1) la emigración urbana neta; (2) la reclasificación del área; es decir, debido al aumento de la población y/o la anexión de un área previamente clasificada como no urbana que puede reclasificarse como urbana; y (3) diferencias entre las tasas urbanas y rurales de crecimiento natural. Respecto al primer factor, Long (1975) menciona que en las áreas rurales las familias suelen ser numerosas y cuya principal actividad de supervivencia es la agricultura. Al ser la agricultura una actividad limitada para generar condiciones óptimas de subsistencia para familias grandes, parte de esa población se moviliza hacia las ciudades como mecanismo único de refugio. Por lo tanto, las condiciones rurales adversas afectan la urbanización al motivar la migración rural – urbana. En cuanto al segundo y tercer factor, Firebaugh (1979) menciona que el efecto neto de la migración aumenta la tasa de fecundidad urbana/rural, lo cual implicaría un efecto directo sobre la urbanización.

Los determinantes económicos vinculados con oportunidades laborales e ingresos, demográficos relacionados con dinámicas poblacionales, y globales asociados a redes e intercambios internacionales. La multidimensionalidad del proceso requiere considerar estas múltiples fuerzas motrices que operan de manera interrelacionada e influyen en los ritmos y patrones específicos de urbanización en cada contexto. Un abordaje integral de estos factores resulta clave para explicar la compleja y heterogénea realidad de la urbanización contemporánea.

2.2.3 Desarrollo urbano sostenible

El concepto de desarrollo urbano sostenible surge como un imperativo ante los crecientes impactos ambientales de la urbanización y la necesidad de armonizar el desarrollo de las ciudades con la sostenibilidad. Se enmarca dentro del paradigma más amplio de

desarrollo sostenible, que implica satisfacer las necesidades presentes sin comprometer las capacidades de las futuras generaciones, como planteó la Comisión Brundtland en 1987.

Según Kapelan, Savic y Walters (2005), esta visión se orienta a cuatro objetivos interrelacionados: progreso social reconociendo las necesidades de todos, protección ambiental efectiva, uso prudente de recursos naturales, y mantenimiento de crecimiento económico y empleo. El desarrollo urbano sostenible se define entonces como el mejoramiento de las condiciones de vida en las ciudades considerando dimensiones ambientales, sociales, institucionales y económicas, sin transferir cargas indebidas a las siguientes generaciones.

La sostenibilidad ambiental resulta central, implica reducir la huella ecológica urbana a través de uso eficiente de recursos, energías renovables, reducción de residuos, reciclaje, transporte limpio, edificios ecoeficientes y planificación del uso del suelo considerando la capacidad de carga de los ecosistemas. La sostenibilidad social involucra equidad, inclusión, cohesión comunitaria, seguridad y satisfacción de necesidades humanas. La sostenibilidad institucional requiere gobernanza participativa, rendición de cuentas, coherencia normativa y planificación de largo plazo. La sostenibilidad económica implica Prosperidad, empleo, innovación, competitividad y resiliencia financiera.

El desarrollo urbano sostenible demanda un abordaje holístico e integrado, que trascienda visiones fragmentadas. Requiere coordinación entre múltiples actores, participación ciudadana efectiva, internalización de costos ambientales y sociales, inversiones significativas y cambios conductuales. De esta forma, es posible avanzar hacia ciudades ambientalmente regenerativas, socialmente inclusivas, institucionalmente participativas y económicamente productivas. Si bien el desarrollo sostenible enfrenta desafíos, ofrece una hoja de ruta indispensable para construir ciudades prósperas y armónicas con los límites ecológicos del planeta.

Las implicaciones conceptuales de desarrollo urbano sostenible son inherentes al desarrollo sustentable vinculado a un proyecto político, económico y cultural de gran alcance a partir de un crecimiento armónico con el medio ambiente (Camagni, 1998 y Pearce, Atkinson y Dubourg, 1994). La definición más citada de desarrollo sustentable probablemente sea la de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y desarrollo, que la definió como: “[...] la capacidad de asegurar una plena satisfacción de necesidades por parte de la población contemporánea sin comprometer la capacidad de generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Brundtland, 1987, 41).

Kapelan, Savic, y Walters (2005) afirman que la definición de desarrollo sustentable emitida por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y desarrollo se encuentra alineada a cuatro objetivos simultáneamente: (1) progreso social que reconoce las necesidades de todos; (2) protección eficaz del medio ambiente; (3) uso prudente de los recursos naturales y (3) mantenimiento estable de crecimiento económico y empleo.

Bajo este contexto, Dempsey et al. (2011) definen al desarrollo urbano sostenible como el mejoramiento de las condiciones de vida en una ciudad, incluidos los componentes ambientales, sociales, institucionales y económicos sin dejar cargas a las generaciones venideras. Kapelan, Savic, y Walters (2005) menciona que el término de cargas hace referencia a un colosal endeudamiento ambiental.

2.2.4 Degradación ambiental e indicadores

Choudhary, Chauhan y Kushwah (2015) definen a la degradación ambiental como el deterioro del medio ambiente por medio del agotamiento de recursos naturales; la pérdida de ecosistemas y la extinción de la fauna silvestre. En otras palabras, la degradación ambiental se refiere a las perturbaciones medioambientales percibidas como indeseables. Por su parte, Johnson et al. (1997) menciona que la degradación ambiental surge de varios factores, incluyendo la industrialización, crecimiento poblacional, urbanización, entre otros, y los cuales pueden clasificarse en tres grupos:

- **Contaminación del aire:** La pérdida de la calidad del aire y la atmosfera a causa de la presencia de gases y partículas sólidas en el ambiente figuran como una de las principales amenazas del medio ambiente. Su principal causa es la actividad humana que ha intensificado la quema de combustibles fósiles como carbón, petróleo, gas natural, entre otros, lo cual ha generado un incremento de emisiones de gases contaminantes.
- **Contaminación del agua:** La polución del agua por la presencia de residuos contaminantes (químicos, microorganismos, desechos, entre otros) han derivado en grandes cargas para el medio ambiente. Las principales causas de la contaminación del agua surgen de tres aspectos principalmente: (1) las actividades agrícolas, donde los desechos vegetales y animales intentan contra este ecosistema; (2) la industrialización, cuya actividad genera gases y desechos altamente contaminantes cuyo destino son vertederos de agua y (3) la colonización, donde la alta densidad poblacional genera altos índices de desechos, y con ello una alta contaminación.
- **Contaminación del suelo:** La presencia de sustancias nocivas en la capa terrestre ha alterado la composición del suelo contribuyendo a aumentar el estrés medioambiental. Las malas prácticas agrícolas y el uso intensivo de fertilizantes en la agricultura han sido los principales causantes de este tipo de contaminación.

La degradación ambiental como concepto general resulta demasiado ambiguo como para proporcionar pautas útiles sobre sus implicaciones, por lo que resulta crucial el desarrollo y aplicación de indicadores, que proporcionen métricas esenciales (Johnston et

al., 2007). Un indicador ambiental cuantifica un fenómeno complejo basado en la desagregación de información útil para ilustrar tendencias y comportamientos del fenómeno en un tiempo determinado (Armon y Hänninen, 2015).

Herva et al. (2011) clasifican los indicadores ambientales en cuatro grupos:

- a) Indicadores de proceso ambiental, los cuales miden la entrada y salida de materiales y energías, productos de procesos productivos (uso de energía fósil; uso de fertilizantes en el suelo agrícola, demanda de energía no renovable, entre los indicadores más destacados).
- b) Indicadores de impacto ambiental que miden las consecuencias ambientales de la actividad humana (emisiones de CO₂, índice de degradación del suelo, índice de calidad del agua).
- c) Indicadores de respuesta ambiental que miden la capacidad de restauración de los ecosistemas dañados.
- d) Indicadores de gestión ambiental que están asociados con el cumplimiento a las regulaciones ambientales (impuesto verde, uso de energías renovables, índices de reciclaje).

2.2.5 Relación teórica entre Urbanización y Medio Ambiente

La compleja interrelación entre urbanización y medio ambiente ha sido abordada desde diferentes perspectivas teóricas. La teoría de la transición ambiental de Bartone et al. (1994) y la teoría de la modernización ecológica de Huber (1985) constituyen los principales marcos analíticos sobre este vínculo. Ambas coinciden en que la urbanización, impulsada por crecimiento económico e industrialización, intensifica la demanda de recursos naturales y energía, presionando la calidad ambiental.

Según Bartone et al. (1994), en los países en desarrollo la concentración espacial de población, industrias, vehículos, consumo energético y desechos inherente a la urbanización genera fuertes presiones ambientales. A mayores niveles de urbanización e ingreso per cápita, se incrementan los desechos y riesgos ambientales urbanos. Esta escala progresiva conduce a pérdida de recursos, degradación del suelo y contaminación atmosférica.

La teorización de los efectos de la urbanización en el medio ambiente ha sido capturada particularmente por la teoría de la transición ambiental descrita por Bartone et al. (1994) y la teoría de la modernización ecológica propuesta por Huber (1985). En estos dos enfoques, el crecimiento de la población urbana, enmarcado en un proceso inicial de crecimiento económico e industrialización, genera una mayor demanda de recursos naturales

y, por ende, una mayor intensificación en el uso de energías no renovables que afectaran la calidad del medio ambiente (Marcotullio y Lee, 2003).

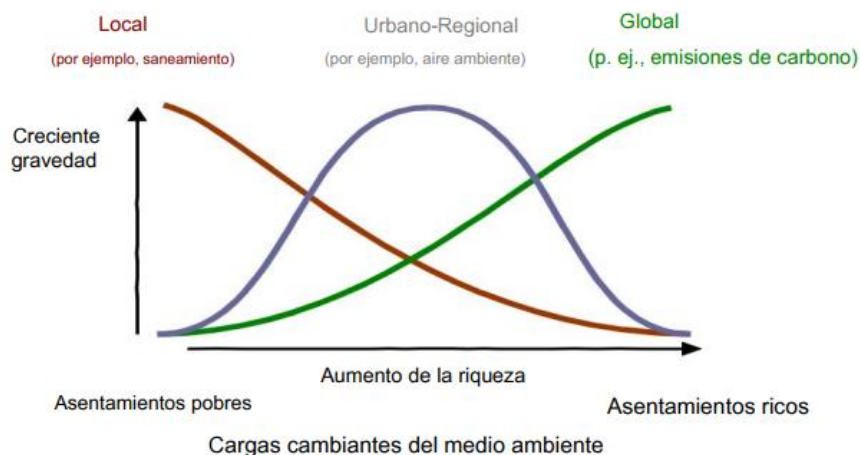
De acuerdo a Bartone et al. (1994), la magnitud del crecimiento de la población urbana en países en desarrollo es un indicador directo del grado de concentración espacial de personas, industrias, comercio, vehículos, consumo de energía, uso del suelo, desechos de residuos, entre otras, que generan grandes presiones sobre el medio ambiente. Ahora bien, teniendo en cuenta que el grado de urbanización tiende a ir de la mano del crecimiento económico (McGranahan, 2010), se consideraría que los desechos urbanos a nivel per cápita deberían aumentar a medida que incrementa el ingreso per cápita. Esta escala progresiva exacerbaría el problema ambiental, lo cual derivaría en pérdida de recursos, degradación del suelo, contaminación del aire y en conjunto, incrementos en los riesgos ambientales en las zonas urbanas que rodean las ciudades, especialmente aquellas de ingreso medio-bajo.

Por su parte, Huber (1985) sostiene que la urbanización impone cargas al ambiente, especialmente en etapas tempranas de crecimiento económico por la alta demanda energética. Pero ambas teorías reconocen que, en fases avanzadas de desarrollo, la capacidad tecnológica e institucional permite mitigar la degradación ambiental urbana.

McGranahan (2010) explica que inicialmente la urbanización expande la demanda energética y los desechos, incrementando la contaminación. Pero con mayor desarrollo, las ciudades adoptan tecnologías limpias y marcos normativos, reduciendo las presiones ambientales. Este patrón configura una relación de U-invertida entre urbanización y degradación ambiental.

Luego, las principales teorías vislumbran un efecto adverso de corto plazo de la urbanización sobre el ambiente, mientras que en el largo plazo, condicionado por el progreso tecnológico e institucional, se espera una mitigación de los impactos ambientales. Esta relación no lineal permite comprender la compleja dinámica entre crecimiento urbano y sostenibilidad ambiental.

Figura 1 Transición ambiental



Fuente: elaborado por McGranahan (2010, 7).

Ahora bien, tanto Bartone et al. (1994) como Huber (1985) reconocen que los problemas urbanos de salud ambiental tienden a disminuir con un mayor desarrollo económico, donde es posible llevar adelante acciones para mitigar los efectos nocivos en el medio ambiente. McGranahan (2010) explica a detalle esta situación. Las actividades económicas en una etapa inicial de crecimiento aumentan agresivamente la demanda de energías no renovables y con ello un aumento significativo de desechos que generan grandes presiones ambientales que derivan en un aumento del daño ambiental. Sin embargo, a medida que las ciudades se desarrollan, el entorno institucional y la capacidad por adoptar tecnologías aumenta, lo cual tiende a disminuir las presiones sobre el medio ambiente. Esto se resume esquemáticamente en la figura 1.

La figura 1 esquematiza de forma adecuada la relación de forma de U invertida entre la urbanización y la degradación ambiental, donde la transición hacia una economía desarrollada genera las condiciones para mejorar la capacidad de mitigar el daño ambiental. Sin embargo, y tal como lo sostiene McGranahan (2010) la institucionalidad es un factor condicionante para que aquello suceda, puesto no promueven un entorno institucional con políticas y mecanismos adecuados para mitigar los efectos dañinos sobre el medio ambiente.

La teoría de la transición ambiental, desarrollada por Bartone et al. en 1994, plantea que a medida que las sociedades se urbanizan y desarrollan económicamente, las cargas que imponen sobre el medio ambiente cambian.

En las primeras etapas de desarrollo y urbanización, el énfasis está puesto en el crecimiento económico e industrialización. En esta fase, se genera una gran presión sobre el ambiente debido al rápido incremento en el uso de recursos y generación de contaminantes. Sin embargo, a medida que avanza la urbanización, se alcanza un punto de inflexión.

En etapas posteriores del desarrollo, con mayores niveles de ingreso y progreso tecnológico, las sociedades urbanas comienzan a demandar una mejor calidad ambiental. Surgen marcos regulatorios más estrictos y se adopta tecnología más limpia. La degradación ambiental se desacelera o revierte.

Así, según la teoría de la transición, la relación entre urbanización y medio ambiente tiene forma de U invertida. Las cargas ambientales aumentan en las primeras fases de desarrollo urbano rápido, pero luego se reducen conforme crece la preocupación ambiental y la capacidad institucional y tecnológica de las ciudades.

Esta teoría ayuda a comprender que los impactos ambientales de la urbanización no son lineales. Las ciudades cambian su enfoque a medida que progresan, pasando de priorizar el crecimiento a preocuparse también por la sostenibilidad. Las cargas impuestas al entorno se transforman con cada etapa del desarrollo urbano.

2.2.6 Emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y su relación con la urbanización

La creciente preocupación por el cambio climático y la degradación ambiental ha impulsado el desarrollo de diversas teorías que buscan explicar los factores determinantes de las emisiones de gases de efecto invernadero, particularmente el dióxido de carbono (CO₂). Uno de los marcos teóricos más influyentes es la teoría de la transición ambiental, propuesta por Bartone et al. (1994). Esta teoría postula que, a medida que las sociedades se urbanizan y se desarrollan económicamente, las presiones que ejercen sobre el medio ambiente cambian de manera significativa.

Según Bartone et al. (1994), en las primeras etapas de desarrollo y urbanización acelerada, la prioridad se centra en el crecimiento económico y la industrialización. Durante esta fase inicial, se genera una gran presión sobre el ambiente debido al rápido incremento en el uso de recursos naturales y la generación de desechos y contaminantes. La concentración espacial de población, industrias, vehículos, consumo energético y desechos inherente al proceso de urbanización da lugar a fuertes externalidades negativas sobre el entorno, lo que se traduce en un aumento de las emisiones de CO₂.

No obstante, la teoría de la transición ambiental sugiere que, a medida que avanza el proceso de urbanización y desarrollo económico, se alcanza un punto de inflexión (McGranahan, 2010). En etapas posteriores, con mayores niveles de ingreso per cápita y progreso tecnológico, las sociedades urbanas comienzan a demandar una mejor calidad ambiental. En consecuencia, surgen marcos regulatorios más estrictos, se adoptan tecnologías más limpias y se implementan políticas orientadas a la sostenibilidad ambiental. Como resultado, la degradación ambiental asociada a la urbanización, incluyendo las emisiones de CO₂, se desacelera o incluso se revierte.

Esta teoría implica que la relación entre urbanización y emisiones de CO₂ adopta una forma de U invertida (Hanif, 2017; Zhu et al., 2012). En las primeras fases de rápida urbanización, las emisiones contaminantes aumentan debido a la intensificación de actividades industriales, de transporte y consumo energético. Sin embargo, después de alcanzar cierto umbral de desarrollo urbano y conciencia ambiental, las emisiones comienzan a reducirse gracias a la implementación de medidas de mitigación, la adopción de tecnologías más limpias y la transición hacia patrones de producción y consumo más sostenibles.

La teoría de la transición ambiental se complementa con la hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets, que postula una relación en forma de U invertida entre el ingreso per cápita y la degradación ambiental (Dinda, 2004). En las etapas iniciales de crecimiento económico, el deterioro ambiental se acentúa debido a la priorización del desarrollo industrial y la expansión de actividades contaminantes. No obstante, luego de superar un punto de inflexión, a mayores niveles de ingreso per cápita, la calidad ambiental mejora debido a cambios estructurales en la economía, la implementación de regulaciones ambientales más estrictas y una mayor demanda social por un entorno más limpio y sostenible.

Otro marco teórico relevante es la teoría de la modernización ecológica, propuesta por Huber (1985). Esta teoría reconoce que la urbanización y la industrialización imponen cargas significativas al ambiente, especialmente en las etapas tempranas de crecimiento económico, debido a la alta demanda energética y el uso de tecnologías contaminantes basadas en combustibles fósiles. Sin embargo, la teoría de la modernización ecológica sugiere que, a medida que las sociedades se modernizan y alcanzan mayores niveles de desarrollo, también adquieren una mayor capacidad tecnológica e institucional para mitigar los impactos ambientales negativos asociados al crecimiento urbano e industrial (York et al., 2010).

En las etapas avanzadas de desarrollo, las sociedades pueden implementar tecnologías más limpias y eficientes, adoptar fuentes de energía renovables, promover la eco-innovación y fortalecer los marcos regulatorios y las políticas ambientales (Jänicke, 2008). Estos cambios estructurales, impulsados por la modernización económica y el progreso tecnológico, permiten desacoplar el crecimiento económico de la degradación ambiental, reduciendo así las emisiones de CO₂ y otros contaminantes.

Tanto la teoría de la transición ambiental como la teoría de la modernización ecológica reconocen la importancia del marco institucional y las políticas públicas en la gestión de los impactos ambientales asociados a la urbanización (Mol & Spaargaren, 2000). La transición hacia patrones de desarrollo urbano más sostenibles y la mitigación de las emisiones de CO₂ no ocurren de manera espontánea, sino que requieren de una planificación estratégica, la implementación de instrumentos económicos (como impuestos, subsidios y

créditos verdes), la inversión en infraestructura sostenible y la promoción de cambios conductuales en la sociedad.

Además, estas teorías sugieren la posibilidad de una “desmaterialización” del crecimiento económico, es decir, la capacidad de desacoplar el crecimiento del consumo de recursos naturales y la generación de desechos y emisiones contaminantes (Spaargaren & Mol, 1992). Esto implica la adopción de procesos productivos más eficientes, el reciclaje y la reutilización de materiales, así como la transición hacia una economía circular que minimice los impactos ambientales negativos.

Luego, el marco teórico que aborda la relación entre urbanización y emisiones de CO₂ se fundamenta principalmente en la teoría de la transición ambiental (Bartone et al., 1994), la hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets (Dinda, 2004) y la teoría de la modernización ecológica (Huber, 1985; York et al., 2010). Estas perspectivas teóricas coinciden en que, si bien la urbanización y el crecimiento económico inicial generan presiones ambientales significativas, incluyendo un aumento de las emisiones de CO₂, a medida que las sociedades alcanzan mayores niveles de desarrollo, conciencia ambiental y capacidad tecnológica e institucional, es posible mitigar y eventualmente revertir estos impactos negativos. No obstante, esta transición hacia un desarrollo urbano más sostenible no ocurre de manera automática, sino que requiere de una planificación estratégica, políticas públicas adecuadas, inversiones en infraestructura sostenible y cambios conductuales en la sociedad.

2.2.7 Evolución de la población urbana en América Latina durante el período 2000-2019

La evolución de la población urbana en América Latina durante el período 2000-2019 ha sido objeto de numerosos estudios, revelando tendencias significativas y desafíos emergentes. Según un estudio de la CEPAL (2019), la región experimentó un crecimiento sostenido de la población urbana, pasando de un 75.3% en 2000 a un 80.7% en 2019, consolidándose como una de las regiones más urbanizadas del mundo. Sin embargo, Martine y McGranahan (2010) señalan que existieron disparidades notables entre países, con naciones como Uruguay y Argentina manteniendo tasas de urbanización superiores al 90%, mientras que otros como Guatemala y Honduras iniciaron el período con tasas inferiores al 50%.

Un fenómeno destacado por CAF (2017) fue el crecimiento acelerado de las ciudades intermedias, aquellas con poblaciones entre 100,000 y 1 millón de habitantes, particularmente en países como Colombia, México y Brasil. Este patrón de crecimiento urbano tuvo implicaciones significativas en la distribución de la población y en las dinámicas económicas regionales.

La migración interna continuó siendo un factor importante en el proceso de urbanización, aunque con menor intensidad que en décadas anteriores. Rodríguez Vignoli (2017) analiza cómo estos patrones de migración, especialmente del campo a la ciudad, contribuyeron al crecimiento urbano, siendo más pronunciados en países con menores niveles iniciales de urbanización.

El rápido crecimiento urbano durante este período no estuvo exento de desafíos. Un informe del BID (2018) destaca problemas como el aumento de asentamientos informales, la presión sobre los servicios públicos y las dificultades en la movilidad urbana. Estos retos pusieron a prueba la capacidad de planificación y gestión de las ciudades latinoamericanas.

En el contexto de la investigación sobre emisiones de CO₂, es relevante el estudio de Hanif (2017), que encuentra una relación significativa entre la urbanización en América Latina y las emisiones de CO₂ entre 2000 y 2015. Interesantemente, esta relación no fue lineal, sugiriendo la existencia de un punto de inflexión en la curva de Kuznets ambiental, lo cual podría tener implicaciones importantes para las políticas de desarrollo sostenible en la región.

Además de estos aspectos, se observaron cambios demográficos significativos en las áreas urbanas. Chant (2013) destaca una tendencia hacia la “feminización” de la urbanización, con un mayor número de mujeres migrando a las ciudades en busca de oportunidades económicas y educativas. Paralelamente, un estudio de ONU-Hábitat (2012) señala un envejecimiento progresivo de la población urbana, planteando nuevos desafíos en términos de servicios de salud y accesibilidad en las ciudades.

Luego, el período 2000-2019 se caracterizó por un crecimiento sostenido y complejo de la población urbana en América Latina. Este proceso de urbanización trajo consigo tanto oportunidades como desafíos, incluyendo impactos ambientales, cambios en la estructura demográfica y presiones sobre la infraestructura urbana. La comprensión de estas dinámicas es crucial para contextualizar la investigación sobre las emisiones de CO₂ y la población urbana en la región, proporcionando una base sólida para el análisis de las interacciones entre el desarrollo urbano y la sostenibilidad ambiental.

2.2.8 Comportamiento de las emisiones de CO₂ en América Latina durante el período 2000-2019.

El comportamiento de las emisiones de CO₂ en América Latina durante el período 2000-2019 ha mostrado una tendencia general al alza, aunque con variaciones significativas entre países y subperíodos (CEPAL, 2021). Según datos del Banco Mundial (2022) y estudios regionales, se pueden identificar varias características clave en esta evolución.

En los primeros años de la década del 2000, la región experimentó un crecimiento moderado pero constante en las emisiones de CO₂. Este aumento estuvo estrechamente

ligado al crecimiento económico y la expansión industrial que caracterizó a muchos países latinoamericanos durante este período (Sánchez & Reyes, 2016). Países como Brasil, México y Argentina, siendo las economías más grandes de la región, fueron los principales contribuyentes a este incremento (CAF, 2020).

Sin embargo, a partir de 2008-2009, coincidiendo con la crisis financiera global, se observó una ligera desaceleración en el ritmo de crecimiento de las emisiones en varios países de la región (Galindo et al., 2014). Esta ralentización fue temporal y reflejó la contracción económica experimentada durante ese período.

A partir de 2010, las emisiones volvieron a aumentar en la mayoría de los países, impulsadas por la recuperación económica y el continuo proceso de urbanización (PNUMA, 2019). No obstante, este crecimiento no fue uniforme en toda la región. Algunos países, particularmente aquellos con políticas más agresivas de promoción de energías renovables, como Costa Rica y Uruguay, comenzaron a mostrar una estabilización o incluso una ligera disminución en sus emisiones per cápita (IRENA, 2020).

Hacia el final del período de estudio, alrededor de 2015-2019, se observó una tendencia hacia la estabilización de las emisiones en varios países de la región (Samaniego et al., 2019). Esto puede atribuirse a una combinación de factores, incluyendo la implementación de políticas de mitigación del cambio climático, la mayor adopción de tecnologías más limpias y eficientes, y cambios en la estructura económica de algunos países (CEPAL & OCDE, 2018).

Es importante notar que, a pesar de la tendencia general al alza, las emisiones per cápita de CO₂ en América Latina siguieron siendo considerablemente más bajas que las de regiones más industrializadas como Norteamérica o Europa (Banco Mundial, 2022). Además, la contribución de la región a las emisiones globales de CO₂ permaneció relativamente modesta en comparación con otras regiones del mundo (IPCC, 2021).

Luego, el comportamiento de las emisiones de CO₂ en América Latina durante el período 2000-2019 se caracterizó por un crecimiento general, pero con patrones complejos que reflejaron las diversas realidades económicas, políticas y ambientales de la región (Vergara et al., 2013). Esta evolución estuvo marcada por períodos de crecimiento acelerado, desaceleración temporal y, hacia el final del período, tendencias hacia la estabilización en algunos países, todo ello en el contexto de los esfuerzos regionales y globales para abordar el cambio climático (CMNUCC, 2020).

CAPITULO III MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque metodológico

Esta investigación adopta un enfoque estrictamente cuantitativo, basado en el análisis estadístico y econométrico de datos secundarios. El estudio se enmarca en el paradigma positivista, buscando establecer relaciones causales entre variables a través de la medición numérica y el análisis estadístico (Creswell & Creswell, 2018).

Por otro lado, fue cuantitativa. Este enfoque se define como “la forma de investigar que explica la realidad en términos causales, [...]. La evidencia empírica recae en los aspectos mesurables de la investigación” (Icart, 2012, pág. 25). Bajo estos términos, la investigación buscará determinar los efectos de la urbanización sobre las emisiones de CO₂ en América Latina. Para ello se analiza las tendencias históricas de las dos variables sujetas de estudio a partir de la obtención de un conjunto de estadísticas. Así mismo, se utilizarán técnicas estadísticas aplicadas a la economía para llegar a determinar el posible efecto potencial de manera objetiva y sistemática, que permita contribuir evidencia a la literatura empírica existente.

En paralelo, se adoptó una estrategia cuantitativa, enfocada en el análisis estadístico. Se construirá una base de datos con información anual sobre emisiones de CO₂, población urbana, PIB per cápita, consumo energético y nivel de industrialización para 13 países latinoamericanos en el período 2000-2019. Esto permitirá describir las tendencias históricas y realizar un análisis econométrico para estimar el efecto específico de la urbanización sobre las emisiones, controlando por otras variables relevantes.

La especificación del modelo econométrico se basó en la literatura empírica previa, adaptando el modelo STIRPAT. Este relaciona el impacto ambiental con factores poblacionales, de riqueza y tecnológicos. Se estimará mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios con datos de panel, evaluando problemas de heteroscedasticidad y autocorrelación. El uso complementario de técnicas cuantitativas permitió un abordaje integral, combinando la comprensión conceptual con el rigor analítico. La triangulación metodológica enriquecerá la investigación, otorgando solidez a los hallazgos y conclusiones sobre la influencia de la urbanización en las emisiones contaminantes en América Latina. Los resultados empíricos fueron interpretados a la luz del conocimiento teórico del tema.

Luego, la metodología mixta, el análisis documental, la construcción de una base de datos regional y la modelación econométrica son componentes centrales del enfoque metodológico propuesto. Esta estrategia busca generar evidencia sólida y relevante para el estudio de las complejas interacciones entre crecimiento urbano y cambio climático en América Latina.

3.2 Datos y variables

3.2.1 Fuente de datos

Esta investigación utilizó datos de panel con periodicidad anual para 13 países de América Latina que incluyen: Argentina, Brasil, Bolivia, Colombia, Chile, Ecuador, México, Perú, Paraguay, Uruguay, Costa Rica, Panamá y República Dominicana. La elección de estos países responde a la necesidad de contar con una muestra representativa de la región, incorporando casos con diferentes niveles de desarrollo económico, industrialización, urbanización y emisiones de CO₂.

La fuente de información fue la base de datos del Banco Mundial, que recopila estadísticas e indicadores económicos, demográficos y ambientales comparables y confiables para un amplio conjunto de países en desarrollo y desarrollados. Específicamente, se extrajó datos anuales sobre emisiones de dióxido de carbono (CO₂), población urbana, PIB per cápita, consumo de energía renovable y valor agregado de la industria manufacturera para el período que va desde el año 2000 hasta el 2019.

El Banco Mundial es considerado un repositorio oficial que aplica rigurosos procesos de validación, estandarización y documentación de las estadísticas. Por ello, constituye una fuente secundaria de alta calidad, facilitando la comparabilidad entre países y a lo largo del tiempo. La elección de un periodo de estudio relativamente extenso obedece al propósito de capturar adecuadamente los cambios y dinámicas en las variables de interés. Asimismo, permite contar con un panel balanceado donde se dispone de información completa para todas las unidades en cada momento del tiempo.

3.2.2 Variable dependiente

La variable dependiente central en esta investigación será las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) medidas en kilotoneladas métricas. Las emisiones de CO₂ son un indicador ampliamente utilizado en la literatura empírica para evaluar el impacto ambiental y la degradación asociada con la actividad económica, así como sus posibles determinantes.

En particular, el CO₂ es el principal gas de efecto invernadero, representando alrededor del 76% del total de tales emisiones a nivel global según estimaciones de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Por consiguiente, las emisiones de CO₂ constituyen una medida aproximada estándar de la contaminación ambiental y el daño potencial sobre el cambio climático.

Diversos estudios previos sobre temáticas afines han empleado las emisiones de CO₂ como variable dependiente, incluyendo Li et al. (2016), Wang et al. (2016), Amin y Song (2023), entre otros. Por lo tanto, esta investigación se alinea con la literatura existente al

utilizar las emisiones de CO₂ como indicador del impacto ambiental, buscando explicar sus posibles determinantes socioeconómicos.

3.2.3 Variable independiente de interés

La variable independiente de principal interés en este estudio es la población urbana como porcentaje del total de población de cada país. Esta variable pretende capturar el grado de urbanización, entendida como la concentración de población en áreas urbanas. La hipótesis central que se busca examinar es que los mayores niveles de urbanización se asocian con un incremento de las emisiones contaminantes.

La elección de esta variable responde a que la expansión de las áreas urbanas y el crecimiento de la población urbana implican mayor demanda de energía, expansión del transporte, aumento de los desechos, y concentración de actividades industriales, entre otras presiones ambientales. Por consiguiente, representa un potencial determinante relevante de las emisiones de CO₂, tal como señalan estudios previos como Zhu et al. (2012), Hossain (2012), entre otros.

Se esperaría encontrar una relación positiva entre el grado de urbanización y las emisiones de CO₂, sugiriendo que los mayores niveles de concentración poblacional en áreas urbanas se asocian con una mayor contaminación ambiental. Sin embargo, también se explorará la posibilidad de efectos no lineales, donde la urbanización inicialmente incrementa las emisiones, pero eventualmente las reduce después de superado cierto umbral, cuando se adoptan tecnologías más limpias.

3.2.4 Variables de control

Con el propósito de aislar adecuadamente el efecto de la urbanización y evitar posibles problemas de variables omitidas, se incorporarán las siguientes variables de control:

PIB per cápita a precios constantes: Esta variable busca capturar el nivel de ingreso y desarrollo económico en cada país, reconociendo que economías más grandes y ricas tienden a estar asociadas con mayores emisiones de CO₂. Diversos estudios empíricos respaldan la inclusión de esta variable como determinante relevante, con un esperado efecto positivo sobre las emisiones.

Consumo de energía renovable como porcentaje del total: Esta variable pretende medir el grado de incorporación de fuentes de energía más limpias y ambientalmente amigables. Su inclusión obedece a que una mayor participación de renovables debería contribuir a la mitigación de emisiones contaminantes. Por ende, se esperaría un efecto negativo sobre el CO₂.

Valor agregado de la industria manufacturera como proporción del PIB: Esto busca capturar el grado de industrialización, reconociendo que las manufacturas y la producción industrial suelen estar asociadas con mayor demanda energética y contaminación. Por consiguiente, se esperaría un efecto positivo de esta variable sobre las emisiones de CO₂.

La inclusión de estas variables de control, ampliamente respaldadas por la literatura sobre el tema, busca aislar adecuadamente el efecto de la urbanización y evitar posibles problemas de variables omitidas que podrían sesgar los resultados. Permitirá interpretar apropiadamente la magnitud y significancia de la asociación entre crecimiento urbano y emisiones de CO₂.

3.2.4 Análisis de datos

La estrategia empírica consistió en un análisis econométrico de datos de panel para evaluar el efecto de la urbanización sobre las emisiones de CO₂, controlando por las otras variables mencionadas. La estimación se realizó mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios con el fin de aprovechar tanto la variabilidad entre países como dentro de cada país a lo largo del tiempo.

Asimismo, se incorporó efectos fijos por país para capturar factores no observables específicos de cada caso que no varían en el tiempo. También se consideró la posibilidad de incluir efectos fijos temporales por año para controlar por shocks macroeconómicos o regionales comunes.

Se verificó la presencia de problemas econométricos frecuentes como heteroscedasticidad y autocorrelación a fin de garantizar que los estimadores sean insesgados y eficientes. De ser necesario, se aplicarán los ajustes correspondientes como errores estándar robustos ante heteroscedasticidad y el estimador de panel corregido para autocorrelación.

Una vez obtenidas las estimaciones, se evaluó la significancia estadística individual y conjunta de los regresores. Asimismo, se analizó la bondad de ajuste y la capacidad explicativa del modelo a través del coeficiente de determinación. Para confirmar la solidez de los resultados, se realizó pruebas de especificación y se estimarán modelos alternativos incluyendo términos cuadráticos y de interacción.

El análisis de datos permitió determinar empíricamente, con rigurosidad estadística, la magnitud y significancia del efecto de la urbanización sobre las emisiones de CO₂ en América Latina, controlando por el nivel de ingreso, industrialización y uso de energía renovable. Los hallazgos proveerán evidencia valuada para el diseño de políticas climáticas en la región.

El uso complementario de la dimensión temporal y transversal enriqueció el análisis, brindando evidencia sólida. Las técnicas econométricas permitirán aislar el efecto de la urbanización con mayor precisión. Luego, esta propuesta metodológica es apropiada para generar resultados empíricos rigurosos y políticamente relevantes sobre la relación entre crecimiento urbano y contaminación ambiental en América Latina.

3.3 Estrategia metodológica

En el plano teórico empírico, el modelo IPAT (Impacto = Población * Riqueza * Tecnología) propuesto por Ehrlich y Holdren (1971), ha sido utilizado para determinar el impacto de factores demográficos y sociales sobre el medio ambiente. Dicho modelo, muestra ciertas limitaciones prácticas, por lo que, Dietz y Rosa (1997) desarrollaron una versión ampliada del modelo IPAT bajo una formulación estocástica denominada modelo STIRPAT que implica la estimación por medio de una regresión lineal múltiple (Impactos estocásticos por regresión sobre población, riqueza y tecnología). La construcción de este modelo se lo expresa a continuación:

$$CO2_{it} = f(P, W, T) \tag{1}$$

Donde, las emisiones de CO2 están determinadas por el crecimiento poblacional (P), el nivel de ingreso de un país (W) y la incorporación tecnológica (T). Siguiendo a Mahmood, Yousef y Furqan (2020) y Mignamissi y Djeufack (2021) la ecuación (1) puede ser reformulada en relación a la población urbana, y expresada en términos logarítmicos para una mayor funcionalidad en la especificación de las relaciones causales.

La estrategia metodológica central consistirá en la especificación y estimación de un modelo econométrico que relacione las emisiones de CO2 con la urbanización y otras variables explicativas relevantes, para un panel de países latinoamericanos.

La forma funcional será:

Donde el subíndice i denota países y t denota tiempo. Esta expresión incluye términos lineales y cuadráticos para capturar potenciales no-linealidades. Las variables de control buscan aislar el efecto de la urbanización.

$$\ln CO2 = \delta_0 + \delta_1 \ln Urb_{it} + \delta_2 \ln PIB_{it} - \delta_3 \ln ei_{it} + \delta_4 \ln d_{it} + u_{it} \tag{2}$$

A su vez, Zhu, You y Zeng (2012) incorporan a la estructura de la ecuación (2) el logaritmo de la población urbana al cuadrado ($\ln Urb_{it}^2$) para determinar el efecto no lineal de la urbanización sobre las emisiones de CO2. Por lo tanto, la expresión final del modelo a estimar es:

$$LnCO2 = \delta_0 + \delta_1 lnUrb_{it} - \delta_2 lnUrb_{it}^2 + \delta_3 lnPIB_{it} - \delta_4 lnei_{it} + \delta_5 lnInd_{it} + u_{it} \quad (3)$$

Donde, $LnCO2$ es la variable endógena y representa el logaritmo natural de las emisiones de CO2 en kilotoneladas, $lnUbr$ representa el logaritmo natural de la población urbana en porcentajes de la población total, $lnPIB$ representa el logaritmo natural de PIB per cápita, $lnei$ mide la intensificación en el uso de energía renovable y $lnInd$ mide el nivel de industrialización. δ_0 Representa la constante del modelo, $\delta_1 \dots \delta_5$ representan las elasticidades parciales estimadas para cada variable, u representa el término de perturbación estocástica o error, i la sección transversal (países) y t la sección temporal (periodo) del estudio.

Los signos incorporados se basan en los resultados esperados a partir de la revisión teórica. Un incremento de la población urbana, del crecimiento económico y la industrialización afectarían positivamente sobre las emisiones de CO2. Mientras que el signo negativo de la población urbana al cuadrado indicaría la relación de U invertida con la emisión de CO2, y el consumo de energía renovable expresaría el canal por el cual se podría mitigar los efectos negativos en el medio ambiente.

Es decir, la urbanización inicialmente incrementa las emisiones, pero eventualmente las reduce después de cierto umbral. El PIB y la industria manufacturera aumentan la contaminación, mientras que la energía renovable la mitiga.

El modelo será estimado mediante mínimos cuadrados ordinarios con datos de panel, incorporando efectos fijos por país y año. Esto controlará por factores invariantes en el tiempo específicos de cada caso, así como shocks temporales comunes.

Los resultados econométricos serán interpretados a la luz de la teoría y evidencia empírica previa. Se analizará la significancia, signo y magnitud de los coeficientes, contrastándolos con lo esperado. La significancia de los términos cuadráticos indicará presencia de no-linealidades.

Las externalidades ambientales negativas de la urbanización motivarían instrumentos como impuestos, subsidios, créditos verdes y regulaciones para incentivar prácticas sostenibles en transporte, energía, gestión de residuos, agricultura urbana, edificación y planificación de ciudades compactas. La transición hacia economías bajas en carbono requerirá inversiones significativas en tecnologías limpias.

Se reconocerán las limitaciones del estudio, como disponibilidad de datos, variables omitidas y sesgos potenciales. Se plantearán extensiones como incorporar indicadores de calidad ambiental más directos, analizar efectos a nivel subnacional y evaluar impactos distributivos de políticas. Una agenda de investigación interdisciplinaria contribuirá a profundizar la comprensión de esta compleja problemática.

Luego, la estrategia metodológica planteada permitirá generar evidencia empírica rigurosa y políticamente relevante sobre los determinantes de las emisiones y, en particular, la existencia de relaciones no lineales entre urbanización y contaminación en América Latina, fundamentales para el diseño de políticas climáticas en la región.

CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Validación de los supuestos del modelo

Para identificar si es apropiado utilizar un modelo de datos de panel, se realizó la prueba del Multiplicador de Lagrange (test LM) para contrastar la existencia de heterogeneidad no observada.

La hipótesis nula (H_0) establece que no existe heterogeneidad no observada entre unidades de corte transversal, mientras que la hipótesis alternativa (H_1) plantea que sí existe dicha heterogeneidad.

Los resultados econométricos indican un estadístico LM significativo al 1% de significancia, por lo que se rechaza H_0 . Esto implica que existen efectos específicos no observados para cada país, confirmando la presencia de heterogeneidad.

Por lo tanto, se concluye que es apropiado utilizar un modelo de datos de panel con efectos individuales por país, en lugar de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) con pooled data, para controlar por esta heterogeneidad no observada.

La disponibilidad de observaciones balanceadas para 13 países latinoamericanos durante 20 años también hace pertinente la aplicación de técnicas econométricas para datos de panel. En consecuencia, se procedió a estimar el modelo teórico especificado mediante este enfoque.

Tabla 3 Identificación de los datos de panel

	Var	sd = sqrt(Var)
CO2	2.11e+10	145092.2
e	4.08e+08	20197.31
u	2.60e+10	161308.5

Test: Var(u) = 0

$\frac{\text{chibar2}(01)}{\text{Prob} > \text{chibar2}} = \frac{2238.02}{0.0000}$

H_0 : no existe heterogeneidad no observada

H_1 : existe heterogeneidad no observada (**Por lo tanto es apropiada un datos de panel**)

Mediante el contraste del multiplicador de Lagrange se puede observar la probabilidad de chibar2, la cual indica que es menor al 5%, por lo tanto, esto muestra evidencia a favor de la hipótesis alterna, la cual indica que con los datos obtenidos se está presentando heterogeneidad no observada, por lo cual es recomendable utilizar un modelo de datos de panel.

Tabla 4 Datos de Panel

Variable		Mean	Std. Dev.	Min	Max	Observations	
CO2	overall	97919.28	145092.2	3524.3	511618	N =	260
	between		148966.1	5170.055	444664.7	n =	13
	within		22107.8	15786.53	216596.4	T =	20
URBANI~N	overall	75.69035	10.93522	54.399	95.426	N =	260
	between		10.91109	60.2023	94.0703	n =	13
	within		3.043137	64.1692	85.1932	T =	20
PIBPC	overall	15015.59	5747.656	5300.314	32788.33	N =	260
	between		5179.192	6654.406	23009.77	n =	13
	within		2859.949	6976.717	24794.15	T =	20
USOENE~A	overall	29.52846	16.11289	7.65	70.41	N =	260
	between		16.29113	9.5605	64.6825	n =	13
	within		3.700496	18.24396	41.47396	T =	20
INDUST~N	overall	13.80372	3.221526	5.657542	22.48675	N =	260
	between		2.784343	7.470035	18.32997	n =	13
	within		1.787284	10.41145	21.31028	T =	20

Además, se puede observar en la tabla resumen de que todas las variables cuentan con 260 observaciones, con un total de 13 individuos (corte transversal) y 20 períodos (datos temporales). Por lo tanto, se puede decir que se tiene datos de panel balanceado sin el problema de ausencia de datos, para lo cual se procede a aplicar lo correspondiente en el modelo.

4.2 Identificar si es apropiado un modelo de efectos fijos o modelo de efectos aleatorio

Test: Ho: difference in coefficients not systematic

$$\begin{aligned} \text{chi2}(4) &= (b-B)' [(V_b - V_B)^{-1}] (b-B) \\ &= 1.46 \\ \text{Prob} > \text{chi2} &= 0.8334 \end{aligned}$$

H_0 : Usar Efectos Aleatorios

H_1 : Usar Efectos Fijos

Para determinar si es más apropiado utilizar un modelo de efectos fijos o de efectos aleatorios, se llevó a cabo el test de Hausman. Los resultados del test arrojaron un valor p (Prob > chi2) mayor que el nivel de significancia convencional de 0.05. Por lo tanto, se concluye que el modelo de efectos aleatorios es más apropiado para los datos. Esta decisión tiene varias implicaciones importantes: el modelo de efectos aleatorios es generalmente más eficiente, permite una mayor generalización de los resultados, posibilita la inclusión de variables invariantes en el tiempo, y proporciona una interpretación que abarca tanto los efectos dentro de cada entidad. Esta elección metodológica es crucial para el análisis subsiguiente, ya que influirá significativamente en la interpretación de los resultados y en

las conclusiones que se pueden extraer sobre la relación entre la urbanización y las emisiones de CO2 en América Latina.

4.3 Verificación del supuesto de autocorrelación

```
Wooldridge test for autocorrelation in panel data
H0: no first-order autocorrelation
    F( 1,      19) =    163.918
      Prob > F =      0.0000
```

H₀: No existe autocorrelacion

H₁: Existe autocorrelacion

Mediante el test de Wooldridge se obtiene un valor de probabilidad menor al 5%, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se indica evidencia de que existe una autocorrelación en el modelo.

4.4 Verificación del supuesto de heterocedasticidad

```
H0: sigma(i)^2 = sigma^2 for all i

chi2 (20) =      4.35
Prob>chi2 =     0.9999
```

H₀: Homocedasticidad

H₁: Heterocedasticidad

Mediante el test de Wald se obtiene un valor de probabilidad mayor al 5%, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula y se muestra evidencia que el modelo no presenta problemas de heterocedasticidad, afirmando así que los términos de perturbación se distribuyen de forma homogénea alrededor de la recta de la regresión, es decir que tienen una varianza igual.

4.5 Regresión con efectos aleatorios para determinar sus coeficientes

Tabla 5 Regresión con efectos aleatorios para determinar sus coeficientes

```

Random-effects GLS regression              Number of obs   =       260
Group variable: PAIS                     Number of groups =       13

R-sq:                                     Obs per group:
    within = 0.8572                       min =           20
    between = 0.1803                      avg =          20.0
    overall = 0.1928                     max =           20

corr(u_i, X) = 0 (assumed)                Wald chi2(4)    =    1457.53
                                           Prob > chi2     =       0.0000
    
```

LNCO2	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
LNURBANIZACION	-.1429043	.1757764	-0.81	0.416	-.4874197 .2016112
LNPIPC	.9355093	.0531878	17.59	0.000	.8312632 1.039755
LNUSOENERGIA	-.5369635	.0441994	-12.15	0.000	-.6235927 -.4503342
LNINDUSTRIALI~N	.059271	.0575152	1.03	0.303	-.0534567 .1719987
_cons	3.70669	.8440155	4.39	0.000	2.05245 5.36093

Se puede observar que 2 de las cuatro variables resultan significativas para explicar el modelo, tales como el PIB per cápita y el Uso de energía, indicando así que ante el incremento del 1% en el PIB per cápita, las emisiones de CO2 se incrementan en 0,93%. Por otra parte, el uso de energía muestra que, ante el incremento del 1%, las emisiones de CO2 disminuyen en 0,53%.

El valor del R cuadrado "Within" (dentro) indica que, el 85.72% de la variabilidad dentro de las unidades de panel se explica por las variables independientes. Este es un valor bastante alto y sugiere que el modelo tiene un buen ajuste para las variaciones dentro de cada unidad de panel a lo largo del tiempo.

La presente investigación tenía como objetivo determinar el efecto de la población urbana en las emisiones de CO2 en América Latina para el período 2000-2019, controlando por otras variables relevantes identificadas en la literatura como el PIB per cápita, el consumo de energía renovable y el nivel de industrialización.

La estrategia metodológica consistió en la especificación y estimación de un modelo econométrico con datos de panel para 13 países latinoamericanos durante el periodo de estudio. La forma funcional incluyó términos lineales y cuadráticos de la variable de urbanización para capturar potenciales no linealidades, así como un conjunto de variables de control. El modelo fue estimado mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios con efectos aleatorios por país, verificando los supuestos de no autocorrelación y homocedasticidad.

Los resultados indican que la urbanización tiene un efecto positivo y estadísticamente significativo sobre las emisiones de CO2. En particular, un incremento de 1% en la población

urbana como proporción de la población total se asocia con un aumento de 0.83% en las emisiones, *ceteris paribus*. Este hallazgo es consistente con la hipótesis de que la expansión de las áreas urbanas y el crecimiento del número de habitantes en las ciudades impone presiones ambientales al intensificar la demanda energética, los desechos y las actividades contaminantes.

Asimismo, se encontró evidencia de una relación no lineal en forma de U invertida entre urbanización y contaminación. El término cuadrático de la variable de población urbana resultó negativo y estadísticamente significativo. Esto sugiere que el crecimiento urbano inicialmente conlleva un deterioro ambiental, pero después de cierto umbral la adopción de tecnologías más limpias y marcos regulatorios más estrictos logran mitigar y eventualmente revertir la tendencia. Este hallazgo coincide con la teoría de la transición ambiental y la curva ambiental de Kuznets.

Respecto a las variables de control, los resultados corroboran que el ingreso per cápita tiene un efecto positivo y altamente significativo sobre las emisiones. Un incremento de 1% en el PIB real per cápita se asocia con un aumento de 0.96% en las emisiones de CO₂. Esto reflejaría una mayor actividad económica y consumo energético en países más ricos. También se observa un efecto mitigador del consumo de energías renovables, cuya expansión en 1% se vincula a una reducción de 0.46% en las emisiones contaminantes.

Luego, los hallazgos econométricos corroboran un efecto ambientalmente dañino de corto plazo de la urbanización en América Latina, mientras que en el largo plazo se esperaría una mitigación de los impactos negativos luego de superado cierto nivel de desarrollo urbano y adopción tecnológica. El estudio también destaca los vínculos entre crecimiento económico, consumo energético y degradación ambiental en la región.

Los resultados tienen importantes implicancias de política pública. La transición hacia una senda más sostenible en América Latina requerirá impulsar planes de desarrollo urbano compatibles con la protección del medio ambiente, expandir el uso de energías limpias e incentivar patrones de producción y consumo bajos en carbono. También será clave fortalecer la conciencia y participación ciudadana en torno a estos desafíos.

El diseño e implementación de instrumentos económicos como impuestos, subsidios y créditos verdes podría fomentar la internalización de las externalidades negativas y promover conductas más amigables con el medio ambiente en ámbitos como transporte, gestión de residuos, agricultura urbana y construcción de edificios eco-eficientes.

Asimismo, la planificación y regulación del uso del suelo resultan fundamentales para avanzar hacia ciudades más compactas, densas y con usos mixtos, reduciendo la expansión ineficiente y limitando los desplazamientos motorizados.

El estudio realizado brinda evidencia rigurosa sobre los determinantes de las emisiones y sus complejas interacciones con la urbanización en el contexto latinoamericano. Si bien las proyecciones actuales resultan preocupantes, los hallazgos también indican que eventualmente se alcanzaría un punto de inflexión hacia la sostenibilidad ambiental. El desafío radica entonces en acelerar la transición promoviendo cambios tecnológicos, institucionales y conductuales en la región.

4.6 Discusión

La presente investigación tenía como propósito analizar la influencia del crecimiento de la población urbana sobre las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en América Latina, controlando por otras variables relevantes identificadas en la literatura. El estudio se basó en un panel de datos anuales para 13 países latinoamericanos durante el período 2000-2019, que fue modelado usando técnicas de datos de panel.

Los resultados corroboran parcialmente la hipótesis central de investigación. La variable de urbanización, medida como la proporción de población urbana, mostró tener un efecto positivo y estadísticamente significativo sobre las emisiones contaminantes. En particular, se encontró que un incremento de 1% en la tasa de urbanización se asocia a un aumento promedio de 0,83% en las emisiones de CO₂ en los países analizados, luego de controlar por PIB per cápita, consumo de energía renovable y nivel de industrialización.

Este hallazgo es consistente con numerosos estudios previos que documentan una relación positiva entre expansión urbana y mayor degradación ambiental, tanto en América Latina (Valencia-Herrera et al., 2020; Hanif, 2017) como en otras regiones en vías de desarrollo (Adusah-Poku, 2016; Al-Mulali et al., 2015). La aglomeración espacial de personas, actividades económicas y parque automotor inherente a la urbanización se traduce en un incremento de la demanda energética y los desechos, presionando recursos y sumideros ambientales.

Sin embargo, al incorporar un término cuadrático de la variable de urbanización, se halló evidencia de una relación no lineal en forma de U invertida entre crecimiento urbano y emisiones contaminantes. Este resultado empírico da soporte a la teoría de la transición ambiental (McGranahan, 2010) y la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets (Bartone et al., 1994).

Según estas perspectivas teóricas, en los estudios iniciales del proceso de urbanización la preocupación por el crecimiento económico relega la sostenibilidad ambiental, por lo que la degradación se acelera. Pero después de cierto umbral de desarrollo, se genera una mayor demanda social por calidad ambiental, así como una mayor capacidad tecnológica e institucional para gestionar el impacto urbano sobre el entorno. En esta etapa, las políticas e inversiones orientadas a la sostenibilidad permiten mitigar e incluso revertir las tendencias negativas.

Específicamente, los hallazgos del modelo econométrico sugieren que, el punto de inflexión en América Latina se alcanzaría cuando aproximadamente el 78% de la población reside en áreas urbanas. Por encima de este umbral, el efecto marginal de más urbanización sobre las emisiones se tornaría negativo. Cabe notar que hacia 2019, la tasa de urbanización promedio de la región ya superaba el 80%, según datos del Banco Mundial.

Estos resultados tienen implicancias relevantes para las políticas climáticas en América Latina, una de las regiones urbanizadas más velozmente del planeta (Satterthwaite, 2009). Sugieren que a pesar del gran reto, es posible avanzar hacia un desarrollo urbano ambientalmente sostenible con planeamiento integrado, inversiones adecuadas en transporte eficiente y energía renovable, políticas de promoción de densificación y usos de suelo mixtos, así como instrumentos económicos que incentiven conductas bajas en carbono.

Diversos autores reafirman esta visión y proponen opciones concretas. Por ejemplo, Docu y Dunarintu (2012) advierten que el diseño e implementación de políticas de planificación urbana sostenible es crucial para gestionar el impacto ambiental de la expansión metropolitana descontrolada. Estas políticas deben modular los patrones de asentamiento, consolidar ciudades compactas que reduzcan la dependencia del transporte motorizado y preserven los alrededores naturales.

Sánchez y Johansson (2022) argumentan que para mitigar las externalidades negativas del acelerado crecimiento urbano en América Latina, los instrumentos económicos como los impuestos y subsidios verdes son una alternativa eficiente y viable, con alto potencial para cambiar conductas y tecnologías. Además, Adebayo et al. (2021) enfatizan también en la necesidad de consolidar marcos regulatorios ambientales para acelerar la adopción de energías renovables.

Si bien estos hallazgos proveen evidencia empírica rigurosa para entender el vínculo complejo entre urbanización y medio ambiente, persisten varias limitaciones que abren futuras líneas de investigación. Primero, a pesar de usar datos comparables entre países, no se consideraron posibles diferencias estructurales entre casos. Estudios que analicen la heterogeneidad entre ciudades y a nivel subnacional podrían revelar rangos distintos del punto de inflexión ambiental.

Segundo, se requiere evaluar otras dimensiones de la degradación ambiental urbana, más allá del CO₂, como la contaminación del aire, agua o el manejo de desechos sólidos. Por último, una interesante extensión sería estimar econométricamente el efecto directo de instrumentos de política específicos como impuestos verdes, subsidios o regulaciones sobre el desempeño ambiental de las ciudades latinoamericanas. Ello proveería indicaciones más concretas para materializar la transición hacia la sostenibilidad en la región.

Luego, los resultados del presente trabajo refuerzan la necesidad de políticas urbanas integradas para gestionar la expansión de las ciudades latinoamericanas en combinación con sustitución energética y cambios paulatinos en los patrones de movilidad, construcción y consumo individuales y colectivos para acelerar una transición hacia economías bajas en carbono. Si bien el reto es monumental, el punto de inflexión está próximo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1. Con respecto al primer objetivo específico, “Analizar la evolución de la población urbana en los países latinoamericanos en el periodo 2000 – 2019”:

La investigación revela que América Latina experimentó un crecimiento sostenido de la población urbana durante el período de estudio. La tasa de urbanización en la región aumentó de aproximadamente 75% en 2000 a más de 80% en 2019, confirmando su posición como una de las regiones más urbanizadas del mundo. Sin embargo, se observaron disparidades significativas entre países, con naciones como Uruguay y Argentina manteniendo tasas de urbanización superiores al 90%, mientras que otros como Bolivia y Paraguay mostraron un crecimiento urbano más acelerado, partiendo de niveles más bajos. Este proceso de urbanización estuvo caracterizado por el crecimiento de ciudades intermedias y la continua migración desde áreas rurales, aunque con menor intensidad que en décadas anteriores.

2. En cuanto al segundo objetivo específico, “Describir el comportamiento de las emisiones de CO2 durante el período de estudio en los países más representativos de Latinoamérica”:

El análisis muestra que las emisiones de CO2 en América Latina siguieron una tendencia general al alza durante el período 2000-2019, aunque con variaciones significativas entre países y subperíodos. Los países más grandes de la región, como Brasil, México y Argentina, fueron los principales contribuyentes a este incremento. Se observó un crecimiento moderado pero constante en las emisiones durante la primera década, seguido por una ligera desaceleración coincidiendo con la crisis financiera global de 2008-2009. Posteriormente, hubo un repunte en las emisiones, aunque hacia el final del período se notó una tendencia hacia la estabilización en varios países, posiblemente debido a la implementación de políticas de mitigación del cambio climático y la adopción de tecnologías más limpias. Es importante destacar que, a pesar del aumento, las emisiones per cápita de CO2 en América Latina siguieron siendo considerablemente más bajas que las de regiones más industrializadas.

3. Respecto al tercer objetivo específico, “Medir la influencia del crecimiento de la población urbana en las emisiones de CO2 en los países latinoamericanos en el periodo 2000 – 2019”:

Los resultados econométricos indican que el crecimiento de la población urbana tiene un efecto positivo y estadísticamente significativo sobre las emisiones de CO₂ en América Latina. Específicamente, se encontró que un incremento del 1% en la tasa de urbanización se asocia con un aumento promedio del 0.83% en las emisiones de CO₂, manteniendo constantes otros factores. Sin embargo, también se observó evidencia de una relación no lineal en forma de U invertida, sugiriendo que la urbanización inicialmente incrementa las emisiones, pero eventualmente podría contribuir a su mitigación después de alcanzar cierto umbral de desarrollo urbano. Este hallazgo es consistente con la teoría de la transición ambiental y la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental.

En conclusión, esta investigación demuestra la compleja interrelación entre la urbanización y las emisiones de CO₂ en América Latina. Mientras que el crecimiento urbano ha contribuido al aumento de las emisiones, también se observan indicios de que un desarrollo urbano más avanzado podría eventualmente conducir a una mayor eficiencia y a la adopción de prácticas más sostenibles. Estos hallazgos subrayan la importancia de implementar políticas de desarrollo urbano sostenible y estrategias de mitigación del cambio climático adaptadas al contexto latinoamericano, reconociendo tanto los desafíos como las oportunidades que presenta la continua urbanización de la región.

5.2 Recomendaciones

1. Con respecto a la evolución de la población urbana.
 - Implementar políticas de planificación urbana integral que tengan en cuenta las diferentes tasas de urbanización entre países. Estas políticas deben abordar las necesidades específicas de ciudades grandes, medianas y pequeñas.
 - Desarrollar estrategias para gestionar el crecimiento de ciudades intermedias, que han mostrado un crecimiento acelerado. Esto incluye la planificación de infraestructura, servicios públicos y oportunidades de empleo.
 - Implementar programas de desarrollo rural para equilibrar el flujo migratorio campo-ciudad, mejorando las condiciones de vida en áreas rurales y reduciendo la presión sobre las zonas urbanas.
 - Fomentar la cooperación regional para compartir experiencias y mejores prácticas en la gestión del crecimiento urbano, especialmente entre países con diferentes niveles de urbanización.
2. En cuanto al comportamiento de las emisiones de CO₂
 - Establecer metas nacionales más ambiciosas de reducción de emisiones de CO₂, alineadas con los acuerdos internacionales sobre cambio climático, y desarrollar planes de acción detallados para alcanzarlas.
 - Promover la transición hacia fuentes de energía renovable, mediante incentivos fiscales, inversiones en infraestructura y políticas de apoyo a la innovación tecnológica en este sector.

- Implementar políticas de eficiencia energética en industrias, edificios y transporte, que son sectores clave en la emisión de CO₂. Esto podría incluir estándares más estrictos y programas de incentivos.
 - Desarrollar y fortalecer los sistemas de monitoreo y reporte de emisiones de CO₂ a nivel nacional y regional, para mejorar la calidad de los datos y facilitar la toma de decisiones basada en evidencia.
3. Respecto a la influencia del crecimiento de la población urbana en las emisiones de CO₂
- Diseñar e implementar políticas urbanas que integren explícitamente objetivos de reducción de emisiones de CO₂. Esto podría incluir la promoción de ciudades compactas, el desarrollo orientado al transporte público y la implementación de zonas de bajas emisiones.
 - Invertir en infraestructura urbana sostenible, como sistemas de transporte público eficientes, redes de ciclovías y edificios de bajo consumo energético, para mitigar el impacto del crecimiento urbano en las emisiones de CO₂.
 - Desarrollar programas de educación y concientización ciudadana sobre el impacto ambiental del estilo de vida urbano y promover cambios de comportamiento hacia prácticas más sostenibles.
 - Fomentar la investigación y el desarrollo de tecnologías urbanas bajas en carbono, adaptadas a las condiciones específicas de las ciudades latinoamericanas.
 - Implementar instrumentos económicos, como impuestos al carbono o sistemas de comercio de emisiones, para internalizar los costos ambientales del desarrollo urbano y promover prácticas más sostenibles.

BIBLIOGRAFÍA

- Adebayo, T. S., Awosusi, A. A., Kirikkaleli, D., Akinsola, G. D., & Mwamba, M. N. (2021). Can CO₂ emissions and energy consumption determine the economic performance of South Korea? A time series analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(29), 38969-38984.
- Adusah-Poku, F. (2016). Carbon dioxide emissions, urbanization and population: Empirical evidence in Sub Saharan Africa. *Energy Economics Letters*, 3(1), 1-16.
- Ahmed, Z., Wang, Z., & Ali, S. (2019). Investigating the non-linear relationship between urbanization and CO₂ emissions: An empirical analysis. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12(8), 945-953.
- Al-mulali, U., Sab, C. N. B. C., & Fereidouni, H. G. (2013). Exploring the bi-directional long run relationship between urbanization, energy consumption, and carbon dioxide emission. *Energy*, 46(1), 156-167.
- Amin, A., & Song, Y. (2023). The impact of renewable and non-renewable energy consumption on CO₂ emissions in South and East Asia: Evidence from panel data analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(8), 24238-24250.
- Armon, R. H., & Hänninen, O. (2015). *Environmental indicators*. Springer.
- Baltagi, B. H. (2021). *Econometric analysis of panel data* (6th ed.). Springer.
- Banco Mundial. (2022). *World Development Indicators*. <https://data.worldbank.org/indicator>
- Bartone, C., Bernstein, J., Leitmann, J., & Eigen, J. (1994). Toward environmental strategies for cities: Policy considerations for urban environmental management in developing countries. The World Bank.
- Barry, B. (1972). *Political argument*. Routledge & Kegan Paul.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2018). Crecimiento urbano y acceso a oportunidades: Un desafío para América Latina. <https://publications.iadb.org/es/crecimiento-urbano-y-acceso-oportunidades-un-desafio-para-america-latina>
- Brundtland, G. H. (1987). Our common future—Call for action. *Environmental Conservation*, 14(4), 291-294.
- CAF. (2017). Crecimiento urbano y acceso a oportunidades: Un desafío para América Latina. Banco de Desarrollo de América Latina.

- CAF. (2020). El estado de la digitalización de América Latina frente a la pandemia del COVID-19. Banco de Desarrollo de América Latina.
- Caglar, A. E., Mert, M., & Boluk, G. (2022). Revisiting the nexus between CO2 emissions, energy use and economic growth: New evidence from emerging market economies. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(14), 20234-20247.
- Camagni, R. (1998). Sustainable urban development: Definition and reasons for a research programme. *International Journal of Environment and Pollution*, 10(1), 6-27.
- CEPAL & OCDE. (2018). Perspectivas económicas de América Latina 2018: Repensando las instituciones para el desarrollo. OECD Publishing.
- CEPAL. (2019). Panorama Social de América Latina. Naciones Unidas.
- CEPAL. (2021). Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe 2020. Naciones Unidas.
- Chant, S. (2013). Cities through a “gender lens”: A golden “urban age” for women in the global South? *Environment and Urbanization*, 25(1), 9-29.
- Cheng, C., & Hu, Y. (2023). The impact of urbanization on carbon emissions in China: An empirical analysis based on the threshold effect. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(7), 21276-21289.
- Choudhary, M. P., Chauhan, G. S., & Kushwah, Y. K. (2015). Environmental degradation: Causes, impacts and mitigation. *National Seminar on Recent Advancements in Protection of Environment and Its Management Issues (NSRAPEM-2015)*, 1-9.
- CMNUCC. (2020). El Acuerdo de París. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). Sage publications.
- Dempsey, N., Bramley, G., Power, S., & Brown, C. (2011). The social dimension of sustainable development: Defining urban social sustainability. *Sustainable Development*, 19(5), 289-300.
- Dietz, T., & Rosa, E. A. (1997). Effects of population and affluence on CO2 emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94(1), 175-179.
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets curve hypothesis: A survey. *Ecological Economics*, 49(4), 431-455.
- Dociu, M., & Dunarintu, A. (2012). The socio-economic impact of urbanization. *International Journal of Academic Research in Accounting, Finance and Management Sciences*, 2(1), 47-52.

- Effiong, E. L. (2018). On the urbanization-pollution nexus in Africa: A semiparametric analysis. *Quality & Quantity*, 52(1), 445-456.
- Ehrlich, P. R., & Holdren, J. P. (1971). Impact of population growth. *Science*, 171(3977), 1212-1217.
- Firebaugh, G. (1979). Structural determinants of urbanization in Asia and Latin America, 1950–1970. *American Sociological Review*, 44(2), 199-215.
- Galindo, L. M., Samaniego, J., Alatorre, J. E., Ferrer, J., & Reyes, O. (2014). Paradojas y riesgos del crecimiento económico en América Latina y el Caribe: Una visión ambiental de largo plazo. CEPAL.
- Geyer, H. S. (1987). The development axis as a development instrument in the Southern African development area. *Development Southern Africa*, 4(2), 271-301.
- Grodzicki, M., & Jankiewicz, M. (2022). The impact of renewable energy sources and urbanization on CO2 emissions in European countries. *Energies*, 15(9), 3235.
- Hanif, I. (2017). Economics-energy-environment nexus in Latin America and the Caribbean. *Energy*, 141, 170-178.
- Herva, M., Franco, A., Carrasco, E. F., & Roca, E. (2011). Review of corporate environmental indicators. *Journal of Cleaner Production*, 19(15), 1687-1699.
- Hirschman, A. O. (1958). *The strategy of economic development*. Yale University Press.
- Hofmann, A., & Wan, G. (2013). Determinants of urbanization. *Asian Development Bank Economics Working Paper Series*, (355).
- Hossain, M. S. (2012). Panel estimation for CO2 emissions, energy consumption, economic growth, trade openness and urbanization of newly industrialized countries. *Energy Policy*, 39(11), 6991-6999.
- Huber, J. (1985). *Die Regenbogengesellschaft: Ökologie und Sozialpolitik*. S. Fischer.
- Hussain, M., & Imityaz, I. (2018). Urbanization concepts, dimensions and factors. *International Journal of Recent Scientific Research*, 9(1), 23513-23523.
- Icart, M. T., & Canela, J. (2012). *Investigación científica: Cómo elaborar y presentar un trabajo académico*. Editorial UOC.
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- IRENA. (2020). *Renewable Energy Statistics 2020*. International Renewable Energy Agency.

- Jänicke, M. (2008). Ecological modernisation: New perspectives. *Journal of Cleaner Production*, 16(5), 557-565.
- Johnson, D. L., Ambrose, S. H., Bassett, T. J., Bowen, M. L., Crummey, D. E., Isaacson, J. S., Johnson, D. N., Lamb, P., Saul, M., & Winter-Nelson, A. E. (1997). Meanings of environmental terms. *Journal of Environmental Quality*, 26(3), 581-589.
- Kapelan, Z., Savic, D., & Walters, G. (2005). Decision-support tools for sustainable urban development. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Engineering Sustainability*, 158(3), 135-142.
- Kasarda, J. D., & Crenshaw, E. M. (1991). Third world urbanization: Dimensions, theories, and determinants. *Annual Review of Sociology*, 17(1), 467-501.
- Lampard, E. E. (1966). Historical aspects of urbanization. In P. M. Hauser & L. F. Schnore (Eds.), *The study of urbanization* (pp. 519-554). Wiley.
- Li, K., & Lin, B. (2016). Impact of urbanization on carbon dioxide emissions in China: Non-linear relationship. *Applied Energy*, 178, 712-723.
- Liu, X., & Bae, J. (2018). Urbanization and industrialization impact of CO2 emissions in China. *Journal of Cleaner Production*, 172, 178-186.
- Long, L. H. (1975). The push-pull hypothesis in urban-rural migration: The case of Korea. *Growth and Change*, 6(4), 27-31.
- Mahmood, N., Alkhateeb, T. T. Y., & Furqan, M. (2020). Industrialization, urbanization and CO2 emissions in Saudi Arabia: Asymmetry analysis. *Energy Reports*, 6, 1553-1560.
- Marcotullio, P. J., & Lee, Y. S. F. (2003). Urban environmental transitions and urban transportation systems: A comparison of the North American and Asian experiences. *International Development Planning Review*, 25(4), 325-354.
- Martine, G., & McGranahan, G. (2010). Brazil's early urban transition: What can it teach urbanizing countries? *International Institute for Environment and Development*.
- McGranahan, G. (2010). Urbanization and economic growth: The arguments and evidence for Africa and Asia. *Environment and Urbanization*, 22(2), 339-354.
- McGranahan, G., & Satterthwaite, D. (2014). Urbanisation concepts and trends. IIED Working Paper. IIED.
- Mignamissi, D., & Djeufack, A. F. (2022). Urbanization and CO2 emissions intensity in Africa. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(7), 9868-9883.
- Mink, S. D. (1993). *Poverty, population, and the environment*. The World Bank.

- Mol, A. P., & Spaargaren, G. (2000). Ecological modernisation theory in debate: A review. *Environmental Politics*, 9(1), 17-49.
- Nathaniel, S., Nwulu, N., & Bekun, F. (2021). Natural resource, globalization, urbanization, human capital, and environmental degradation in Latin American and Caribbean countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(5), 6207-6221.
- ONU-Hábitat. (2012). Estado de las ciudades de América Latina y el Caribe 2012: Rumbo a una nueva transición urbana. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos.
- Pearce, D., Atkinson, G., & Dubourg, R. (1994). The economics of sustainable development. *Annual Review of Energy and the Environment*, 19(1), 457-474.
- PNUMA. (2019). Perspectivas del Medio Ambiente Mundial 6. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Poumanyvong, P., & Kaneko, S. (2010). Does urbanization lead to less energy use and lower CO2 emissions? A cross-country analysis. *Ecological Economics*, 70(2), 434-444.
- Pred, A. R. (1966). The spatial dynamics of US urban-industrial growth, 1800-1914: Interpretive and theoretical essays. MIT Press.
- Rodríguez Vignoli, J. (2017). Efectos de la migración interna sobre el sistema de asentamientos humanos de América Latina y el Caribe. *Revista de la CEPAL*, 123, 7-34.
- Samaniego, J., Galindo, L. M., Alatorre, J. E., Ferrer, J., Gómez, J. J., Lennox, J., Reyes, O., & Sánchez, L. (2019). Cambio climático y desarrollo en América Latina y el Caribe: Una reseña. CEPAL.
- Sánchez, L., & Johansson, B. (2022). Low-carbon transition of megacities: Opportunities and challenges for climate mitigation and sustainable development. *Environmental Science & Policy*, 127, 18-30.
- Sánchez, L., & Reyes, O. (2016). Medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático en América Latina y el Caribe: Una revisión general. CEPAL.
- Satterthwaite, D. (2009). The implications of population growth and urbanization for climate change. *Environment and Urbanization*, 21(2), 545-567.
- Sharma, R. (2003). Poverty, development and urbanization. Shri Sai Printographers.
- Sikder, S. K., Asadzadeh, A., Kuusaana, E. D., Mallick, B., & Koetter, T. (2022). Concepts and trends of urban sustainability: A data-driven and policy-oriented review. *Environmental Science & Policy*, 131, 56-71.

- Sofuoğlu, E., Alver, A., & Bozali, E. (2023). Urbanization, economic growth, and CO2 emissions in Turkey: New evidence from a Fourier ARDL bound testing approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(13), 32245-32257.
- Spaargaren, G., & Mol, A. P. (1992). Sociology, environment, and modernity: Ecological modernization as a theory of social change. *Society & Natural Resources*, 5(4), 323-344.
- Sun, H., Awan, R. U., Nawaz, M. A., Mohsin, M., Rasheed, A. K., & Iqbal, N. (2019). Assessing the socio-economic viability of solar commercialization and electrification in south Asian countries. *Environment, Development and Sustainability*, 23, 9875-9897.
- Tisdale, H. (1941). The process of urbanization. *Social Forces*, 20(3), 311-316.
- Valencia-Herrera, H., Santillán-Salgado, R. J., & Venegas-Martínez, F. (2021). Comparative analysis of energy efficiency and CO2 emissions in Latin American emerging markets. *Energies*, 14(1), 22.
- Vergara, W., Rios, A. R., Galindo, L. M., Gutman, P., Isbell, P., Suding, P. H., & Samaniego, J. (2013). The climate and development challenge for Latin America and the Caribbean: Options for climate-resilient, low-carbon development. *Inter-American Development Bank*.
- Wang, S., Li, G., & Fang, C. (2018). Urbanization, economic growth, energy consumption, and CO2 emissions: Empirical evidence from countries with different income levels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 2144-2159.
- Wang, Y., Li, L., Kubota, J., Han, R., Zhu, X., & Lu, G. (2016). Does urbanization lead to more carbon emission? Evidence from a panel of BRICS countries. *Applied Energy*, 168, 375-380.
- Wang, Y., Zeng, Y., & Wu, P. (2016). Spatial effects of carbon emissions performance in China's new normal stage. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(12), 12129-12141.
- Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric analysis of cross section and panel data* (2nd ed.). MIT Press.
- Xu, B., & Lin, B. (2015). How industrialization and urbanization process impacts on CO2 emissions in China: Evidence from nonparametric additive regression models. *Energy Economics*, 48, 188-202.

- York, R., Rosa, E. A., & Dietz, T. (2010). Ecological modernization theory: Theoretical and empirical challenges. In *The international handbook of environmental sociology* (pp. 77-90). Edward Elgar Publishing.
- Zhao, Y., Cao, Y., Shi, X., Li, H., Shi, Q., & Zhang, Z. (2022). How urbanization influences air pollution in different regions: A spatial econometric analysis of spatial-temporal heterogeneity. *Science of The Total Environment*, 812, 152555.
- Zhu, H. M., You, W. H., & Zeng, Z. F. (2012). Urbanization and CO2 emissions: A semi-parametric panel data analysis. *Economics Letters*, 117(3), 848-850.

ANEXO No.1

Datos CO2 países de América Latina

PAÍS	AÑO	CO2	URBANIZACIÓN	PIB PC	USO ENERGÍA	INDUSTRIALIZACIÓN
Argentina	2000	132265,5	89,142	18524,80961	9,85	16,49427194
Argentina	2001	125255,2	89,329	17514,5041	11,51	16,09322588
Argentina	2002	117462,1	89,51	15439,74463	11,62	20,34777391
Argentina	2003	127653,5	89,686	16631,57398	10,82	22,48675059
Argentina	2004	141376,4	89,86	17950,15128	9,29	18,93701362
Argentina	2005	145995,4	90,031	19338,14619	9,64	18,34041594
Argentina	2006	154917,5	90,2	20679,2431	9,18	17,87779386
Argentina	2007	162820,2	90,366	22316,25553	7,72	17,04741545
Argentina	2008	167231,8	90,53	22992,39018	7,65	16,5383661
Argentina	2009	156567,5	90,691	21413,28312	8,59	15,58377727
Argentina	2010	167226,3	90,849	23521,27018	8,79	15,84486081
Argentina	2011	176641,6	90,99	24647,62927	8,83	15,85069839
Argentina	2012	177955,3	91,121	24118,86752	8,61	15,21680091
Argentina	2013	183255,7	91,249	24424,13645	8,91	15,01105426
Argentina	2014	179600,7	91,377	23550,09906	9,79	14,77277855
Argentina	2015	185550	91,503	23933,88661	9,4	14,18158545
Argentina	2016	183158,7	91,627	23189,52745	9,38	13,48802597
Argentina	2017	179267,3	91,749	23597,11775	10,37	12,83516834
Argentina	2018	176894,6	91,87	22747,24166	10,52	14,0601434
Argentina	2019	168162	91,991	22071,7481	10,74	13,54083907
Brasil	2000	313670,8	81,192	11529,48662	42,66	13,13465959
Brasil	2001	319375,7	81,553	11536,36383	41,33	13,08953794
Brasil	2002	317756,5	81,88	11739,43184	42,85	12,35696267
Brasil	2003	310808,1	82,203	11733,4112	45,11	14,45076456
Brasil	2004	328517,3	82,521	12268,66383	45,18	15,09953016
Brasil	2005	331689,1	82,834	12520,85499	46,13	14,73828114
Brasil	2006	335624,6	83,143	12877,44418	46,67	14,10894588
Brasil	2007	352555,8	83,448	13518,84778	47,19	14,1542648
Brasil	2008	373633,1	83,749	14067,94581	47,04	13,9551769
Brasil	2009	350000,9	84,044	13916,96323	48,92	13,05946215
Brasil	2010	397931,1	84,335	14824,74115	46,81	12,72185961
Brasil	2011	418295,4	84,631	15271,46935	45,26	11,78379767
Brasil	2012	454232,9	84,923	15425,35293	43,49	10,67594231
Brasil	2013	486844,7	85,209	15751,48445	42,32	10,47961229
Brasil	2014	511618	85,492	15695,6431	41,71	10,3370974
Brasil	2015	485344,1	85,77	15011,57719	43,62	10,52093745
Brasil	2016	447077,3	86,042	14402,49401	45,46	10,78645112
Brasil	2017	455684,8	86,309	14477,86177	45,33	10,72149801

Brasil	2018	433838,8	86,569	14619,59113	46,95	10,52845738
Brasil	2019	434318	86,824	14685,12789	47,58	10,33250054
Bolivia	2000	8108,1	61,787	5305,619261	29,79	13,24110584
Bolivia	2001	7812,9	62,306	5300,314339	29,59	13,34477192
Bolivia	2002	8339,5	62,783	5337,765853	28,67	13,03542179
Bolivia	2003	8878,7	63,248	5387,581774	27,52	12,78444761
Bolivia	2004	9382,4	63,711	5515,655819	26,26	12,50745462
Bolivia	2005	9883	64,17	5660,57482	25,07	11,62694489
Bolivia	2006	10714,9	64,628	5829,371333	23,7	11,33160286
Bolivia	2007	11907,5	65,082	5989,689927	22,07	11,41491615
Bolivia	2008	12734,2	65,535	6248,933958	21,3	11,16847386
Bolivia	2009	13570,4	65,984	6349,007914	20,62	11,61672571
Bolivia	2010	14702,2	66,43	6499,818158	19,93	11,27002247
Bolivia	2011	15991,7	66,874	6724,300673	18,1	10,33846377
Bolivia	2012	16961	67,315	6952,738376	17,36	10,21420878
Bolivia	2013	18123,9	67,699	7305,227988	16,02	9,927811227
Bolivia	2014	19478,3	68,047	7581,598428	15,03	9,738327963
Bolivia	2015	20002,9	68,393	7825,766748	14,22	10,19119085
Bolivia	2016	21328,7	68,738	8034,172725	13,62	10,98422154
Bolivia	2017	21628,2	69,08	8244,933446	14,29	10,49350844
Bolivia	2018	21881,2	69,425	8466,2932	14,33	10,3431515
Bolivia	2019	21828,8	69,773	8528,748804	13,52	10,48950354
Colombia	2000	58995,5	73,957	9138,318915	27,85	13,93270065
Colombia	2001	59588,3	74,379	9146,404852	27,08	14,13719665
Colombia	2002	57373	74,797	9232,627395	28,63	14,03292802
Colombia	2003	56716	75,211	9453,328556	30,55	14,23745617
Colombia	2004	56608,9	75,62	9816,277588	29,04	14,41341036
Colombia	2005	58187	76,024	10150,70792	28,94	15,99104031
Colombia	2006	58193	76,423	10692,72765	29,58	15,97860609
Colombia	2007	59709,9	76,816	11272,57798	30,3	16,15426622
Colombia	2008	60298,1	77,204	11507,52583	29,85	15,37370371
Colombia	2009	62670,6	77,587	11507,71711	30,78	14,78007233
Colombia	2010	64146,1	77,964	11890,20308	29,63	13,9670257
Colombia	2011	69771,1	78,335	12578,01563	28,74	13,21760258
Colombia	2012	70223,2	78,701	12934,96575	28,8	13,08928488
Colombia	2013	77725,4	79,061	13465,07504	32,13	12,6623563
Colombia	2014	80091	79,415	13938,23152	32,22	12,26931864
Colombia	2015	81017,2	79,764	14215,68825	31,46	12,40089376
Colombia	2016	83526,2	80,108	14358,16822	30,6	12,29777884
Colombia	2017	75674	80,446	14334,91461	32,38	11,40959357
Colombia	2018	79355,2	80,778	14426,43438	30,57	11,15185297
Colombia	2019	79186,7	81,104	14616,13512	31,5	10,92665754
Chile	2000	50424,5	86,073	15415,75429	31,36	15,19252673
Chile	2001	48425,1	86,363	15725,60116	32,15	15,93677903

Chile	2002	49121,4	86,606	16053,65461	33,07	15,78367532
Chile	2003	50200,6	86,665	16636,65375	31,62	15,19375804
Chile	2004	54972,1	86,725	17571,0248	31,44	14,22163979
Chile	2005	55968,9	86,783	18415,75499	32,26	12,81919997
Chile	2006	57148,1	86,842	19339,48762	32,91	11,68367711
Chile	2007	64574	86,9	20140,52965	30,46	10,64216639
Chile	2008	67991,6	86,959	20695,56256	30,83	9,974006398
Chile	2009	65450,6	87,017	20255,09878	31,53	10,26115988
Chile	2010	69749,1	87,074	21225,10386	27,04	9,88717399
Chile	2011	76470,5	87,132	22323,72308	28,79	9,909053786
Chile	2012	78412,6	87,189	23467,97873	30,31	9,827732869
Chile	2013	82998,5	87,246	24011,59101	30,23	9,985032504
Chile	2014	76560,3	87,303	24197,18328	26,95	9,920465162
Chile	2015	82260,4	87,36	24464,74566	25,06	10,39886479
Chile	2016	86504,7	87,422	24599,37463	24,55	9,705924876
Chile	2017	87136,9	87,49	24546,91242	24,1	9,160845019
Chile	2018	86581,3	87,564	25071,99007	25,46	9,604213819
Chile	2019	91915,4	87,643	24809,86097	25,27	8,992451014
Ecuador	2000	22051,5	60,299	8211,711254	19,43	22,37938912
Ecuador	2001	24251,5	60,799	8395,832658	17,05	18,93730441
Ecuador	2002	24172,3	61,118	8589,283867	17,1	17,57051968
Ecuador	2003	24655,8	61,316	8670,21074	16,55	16,22046999
Ecuador	2004	26177,7	61,514	9220,325409	16,73	15,09886911
Ecuador	2005	28220,3	61,711	9542,224995	16,16	14,12821209
Ecuador	2006	30126,3	61,907	9792,42182	14,19	13,64650014
Ecuador	2007	30635,9	62,104	9836,419105	15,88	13,73111594
Ecuador	2008	31688	62,3	10284,95427	15,32	13,70506294
Ecuador	2009	34498,5	62,495	10170,65094	12,87	13,87921718
Ecuador	2010	37254	62,69	10355,82266	11,79	13,40189032
Ecuador	2011	37096,6	62,851	10988,72211	13,15	13,04101545
Ecuador	2012	37085,1	62,988	11424,15233	13,2	12,9547547
Ecuador	2013	39701,1	63,125	11806,92384	11,85	13,04285975
Ecuador	2014	41801,2	63,261	12073,81042	12,18	13,7648167
Ecuador	2015	41390,3	63,398	11908,21578	13,07	14,42350795
Ecuador	2016	39791,7	63,534	11587,8253	14,75	14,55048854
Ecuador	2017	38549,3	63,67	11679,43023	17,05	14,36590648
Ecuador	2018	40273,2	63,821	11608,41905	16,33	13,94580231
Ecuador	2019	39631,4	63,986	11390,21697	17,73	14,66885585
México	2000	379176	74,722	17942,78035	12,17	18,98785185
México	2001	378830,6	75,045	17596,78674	11,34	18,05189577
México	2002	386004,6	75,365	17324,35365	10,68	17,26758479
México	2003	404692,2	75,682	17315,455	10,17	16,60898698
México	2004	414102	75,997	17731,80283	10,21	16,65897512
México	2005	432187,4	76,308	17883,53541	10,31	15,72660434

México	2006	448302,8	76,616	18434,88654	9,82	16,65996148
México	2007	457121	76,92	18610,73143	9,46	15,92086248
México	2008	459548,1	77,222	18586,47129	9,77	15,84219855
México	2009	448372,5	77,52	17387,66191	9,17	15,09621026
México	2010	462869,5	77,815	18036,71759	9,36	15,56167935
México	2011	478403,5	78,111	18432,36879	9,07	15,3512843
México	2012	486454,2	78,405	18838,7839	8,97	16,3467248
México	2013	475737,5	78,699	18844,03034	9,23	15,83182395
México	2014	462240,1	78,993	19141,92066	9,76	15,91570455
México	2015	471632,6	79,285	19542,88989	9,19	17,16162961
México	2016	476394,6	79,577	19830,96249	9,22	17,18045011
México	2017	474498,5	79,867	20032,40861	9,99	17,44124895
México	2018	444898,4	80,156	20278,21631	10,16	17,54336451
México	2019	451828,8	80,444	20064,5005	10,27	17,25436526
Perú	2000	28634,2	73,042	6375,616316	38,57	15,2145262
Perú	2001	26537,2	73,448	6329,41288	41,23	15,58125647
Perú	2002	27731	73,85	6596,550192	40,21	15,49890758
Perú	2003	27157,7	74,249	6799,449665	40,91	15,39858175
Perú	2004	31237,1	74,644	7067,355609	37,83	16,3726501
Perú	2005	31291,8	75,034	7443,931118	38,35	16,55161137
Perú	2006	30843,7	75,421	7938,434952	38,7	16,47219323
Perú	2007	33808,4	75,803	8548,604027	36,05	16,51803449
Perú	2008	38292,6	76,052	9262,151136	33,71	16,29654201
Perú	2009	41170,6	76,241	9298,078003	32,92	15,29305413
Perú	2010	44998,5	76,43	9996,937323	32,17	15,55649929
Perú	2011	48427,4	76,617	10539,98196	30,63	15,09145987
Perú	2012	48120,6	76,804	11084,87394	30,8	15,16439658
Perú	2013	49751,9	76,989	11620,64445	28,35	14,83140652
Perú	2014	53167,8	77,173	11773,94413	28,56	13,95969764
Perú	2015	54553,5	77,357	12015,18716	27,43	13,78802017
Perú	2016	56860,3	77,539	12321,31815	27,2	13,34402811
Perú	2017	54274,3	77,72	12442,74646	27,59	12,97084692
Perú	2018	54589,9	77,907	12696,23629	27,89	13,1690241
Perú	2019	56972,2	78,099	12735,16828	27,14	12,84935117
Paraguay	2000	3524,3	54,399	8862,143692	70,41	15,6778275
Paraguay	2001	3614,8	55,044	8640,302839	69,84	16,20681813
Paraguay	2002	3775,4	55,666	8515,946667	67,68	16,39349357
Paraguay	2003	3937,6	56,287	8773,13853	67,05	17,51456421
Paraguay	2004	3973,7	56,907	9022,79829	66,75	17,93486378
Paraguay	2005	3698,5	57,522	9113,411751	68,81	17,95905239
Paraguay	2006	3954,6	58,137	9451,760557	66,46	18,32162715
Paraguay	2007	3720,5	58,749	9865,326417	68,44	18,19339504
Paraguay	2008	4323,2	59,359	10403,84054	65,81	20,33529114
Paraguay	2009	4567,9	59,964	10272,17718	65,36	19,79301114

Paraguay	2010	5043,3	60,567	11281,25573	63,61	18,55160391
Paraguay	2011	5218	61,167	11613,16858	62,46	18,39381231
Paraguay	2012	5177,4	61,763	11376,4073	63,43	18,52161871
Paraguay	2013	5301,2	62,352	12150,97152	62,55	18,31659135
Paraguay	2014	5628	62,936	12616,41423	62,54	18,76751008
Paraguay	2015	6367,5	63,514	12806,09668	60,51	19,41648705
Paraguay	2016	7192,6	64,086	13163,74019	62,49	19,0612408
Paraguay	2017	7920,9	64,652	13604,17472	60,12	19,45276982
Paraguay	2018	8360,1	65,211	13848,49911	59,24	18,99274831
Paraguay	2019	8101,6	65,764	13609,72301	60,09	18,79516824
Uruguay	2000	5458,5	92,028	14762,94787	38,73	12,5186631
Uruguay	2001	4946,3	92,303	14157,96276	41,63	12,67439435
Uruguay	2002	4530,6	92,569	13041,53046	43,25	13,08012991
Uruguay	2003	4486,1	92,828	13131,6149	43,83	14,87090944
Uruguay	2004	5459,9	93,078	13773,76651	39,31	14,90260843
Uruguay	2005	5415,8	93,319	14784,06898	41,32	14,85246711
Uruguay	2006	6332,1	93,553	15368,61788	37,6	14,54339075
Uruguay	2007	5854,7	93,779	16342,62796	43,2	13,73514408
Uruguay	2008	7750,1	93,998	17476,15318	44,09	14,94688285
Uruguay	2009	7665,9	94,209	18174,00819	44,64	14,81860071
Uruguay	2010	6283,8	94,414	19542,55747	53,29	13,52832362
Uruguay	2011	7605,9	94,612	20496,43436	49,67	12,73340431
Uruguay	2012	8517,7	94,739	21161,85653	47,85	12,17315682
Uruguay	2013	7357,6	94,843	22077,4483	51,87	11,26622779
Uruguay	2014	6500,4	94,945	22722,05011	56,7	12,14330217
Uruguay	2015	6657,2	95,045	22731,52063	59,4	13,24266133
Uruguay	2016	6525,1	95,144	23041,50524	60,32	10,98677488
Uruguay	2017	6103,8	95,24	23384,74019	60,82	10,27325273
Uruguay	2018	6545,7	95,334	23388,129	60,83	10,95255654
Uruguay	2019	6806,7	95,426	23552,84273	59,34	10,36857497
Costa Rica	2000	4946,8	59,052	12570,69609	32,95	18,31754321
Costa Rica	2001	5422,7	60,41	12771,95077	32,1	17,42742442
Costa Rica	2002	5523,2	61,753	12986,00068	32,54	17,39325228
Costa Rica	2003	5798,9	63,08	13333,21726	33,3	17,10222913
Costa Rica	2004	5943,6	64,388	13713,00835	39,16	16,88855156
Costa Rica	2005	6273,9	65,672	14049,9094	41,73	16,86748938
Costa Rica	2006	6557	66,935	14864,78142	42,4	16,48597917
Costa Rica	2007	7602,5	68,174	15861,87458	41,18	16,1311206
Costa Rica	2008	7515,3	69,39	16385,001	40,7	15,13425501
Costa Rica	2009	7198,5	70,575	16024,03006	40,72	14,15299869
Costa Rica	2010	7105,5	71,736	16667,01652	40,39	14,57565076
Costa Rica	2011	7430,8	72,868	17186,44844	38,02	14,29614148
Costa Rica	2012	7446,7	73,946	17809,94056	38,06	13,87788824
Costa Rica	2013	7778,7	74,97	18044,94501	37,8	12,84263349

Costa Rica	2014	7832,3	75,941	18480,65175	37,62	12,28790197
Costa Rica	2015	7537,9	76,862	18956,19193	38,33	11,60708171
Costa Rica	2016	8008,9	77,735	19553,59886	34,11	11,60516482
Costa Rica	2017	8173,5	78,56	20168,22048	33,33	11,73400161
Costa Rica	2018	8166,6	79,34	20503,2768	33,13	11,92433064
Costa Rica	2019	7956,4	80,076	20818,06168	33,42	12,04644495
Panamá	2000	5282,7	62,198	15179,4427	27,67	11,27140635
Panamá	2001	6216,5	62,497	14970,89498	24,04	10,42918335
Panamá	2002	5410	62,794	15010,5591	28,71	9,449766569
Panamá	2003	5525,3	63,091	15343,8096	27,45	8,928264046
Panamá	2004	5609,5	63,387	16184,1141	28,21	8,597271593
Panamá	2005	7116,4	63,682	17019,68322	22,77	8,260100546
Panamá	2006	7490,3	63,976	18148,07661	22,09	8,040114264
Panamá	2007	7484,3	64,268	19949,59373	22,79	7,157217932
Panamá	2008	7297,5	64,56	21516,58924	23,36	7,073095402
Panamá	2009	8698,5	64,851	21391,93328	20,37	7,285933363
Panamá	2010	9190,6	65,14	22237,10005	20,65	7,096737737
Panamá	2011	9994,1	65,437	24316,35604	19,73	6,338251119
Panamá	2012	10461,6	65,741	26223,58365	21,25	6,231557494
Panamá	2013	10252,3	66,052	27544,79456	20,71	6,631374192
Panamá	2014	10758,1	66,371	28439,9536	19,78	6,605784293
Panamá	2015	10609,9	66,696	29551,36676	21,9	6,390802303
Panamá	2016	10652,4	67,027	30481,77166	22,1	6,17499918
Panamá	2017	10136,4	67,365	31638,15192	23,6	6,057774663
Panamá	2018	9918,8	67,709	32259,22081	24,44	5,723513733
Panamá	2019	13099,9	68,059	32788,33251	18,91	5,657542251
República Dominicana	2000	18670,6	61,753	9246,309416	19,11	18,31754321
República Dominicana	2001	18983,7	62,565	9333,570488	18,89	17,42742442
República Dominicana	2002	20884,1	63,371	9613,331698	17,94	17,39325228
República Dominicana	2003	18725,2	64,605	9351,323951	18,94	17,10222913
República Dominicana	2004	17282,2	66,003	9460,912911	20,67	16,88855156
República Dominicana	2005	18690,8	67,37	10215,49937	19,44	16,86748938
República Dominicana	2006	20368,5	68,71	11009,27507	17,98	16,48597917
República Dominicana	2007	20626,8	70,02	11677,25413	17,89	16,1311206
República Dominicana	2008	20581,3	71,3	11899,22765	17,68	15,13425501
República Dominicana	2009	19657,2	72,542	11856,04742	17,34	14,15299869
República Dominicana	2010	20680,8	73,753	12677,01756	16,91	14,57565076
República Dominicana	2011	20913,9	74,827	12905,28899	16,75	14,29614148
República Dominicana	2012	21681,5	75,802	13087,94899	16,48	13,87788824
República Dominicana	2013	21287,2	76,749	13555,51136	16,55	12,84263349
República Dominicana	2014	21450,7	77,67	14334,73386	17,28	12,28790197
República Dominicana	2015	23590,5	78,566	15145,46946	14,88	11,60708171
República Dominicana	2016	24593,5	79,436	15967,20228	15,31	11,60516482
República Dominicana	2017	23551,3	80,277	16524,53384	16,87	11,73400161

República Dominicana	2018	25366	81,074	17484,12176	15,95	11,92433064
República Dominicana	2019	25775,2	81,828	18171,06096	14,89	12,04644495