



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja
Facultad Jurídica, Social y Administrativa
Carrera de Economía

**Impacto de la industrialización sobre la contaminación
ambiental del Ecuador durante el período 1972-2018**

**Trabajo de Integración Curricular previo a
la obtención del título de Economista.**

AUTORA:

María Elizabeth Lima Espinoza

DIRECTORA:

Econ. Michelle Faviola López Sánchez, Mg. Sc.

Loja-Ecuador

2023

Loja, 18 de enero de 2023

Econ. Michelle Faviola López Sánchez, Mg. Sc.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Impacto de la industrialización sobre la contaminación ambiental del Ecuador durante el período 1972-2018**, previo a la obtención del título de **Economista**, de la autoría de la estudiante **María Elizabeth Lima Espinoza**, con **cédula de identidad** Nro.1105372211, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para la respectiva sustentación y defensa.

Econ. Michelle Faviola López Sánchez, Mg. Sc.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **María Elizabeth Lima Espinoza**, declaro ser autora del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido de la misma. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:

Cédula de identidad: 1105372211

Fecha: 18 de enero de 2023

Correo electrónico: maria.lima@unl.edu.ec

Teléfono: 0985979887

Carta de autorización por parte de la autora para la consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.

Yo, **María Elizabeth Lima Espinoza** declaro ser autora del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Impacto de la industrialización sobre la contaminación ambiental del Ecuador durante el período 1972-2018**, como requisito para optar el título de **Economista**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Insitucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los dieciocho días de enero de dos mil veintitrés.

Firma:

Autora: María Elizabeth Lima Espinoza

Cédula: 1105372211

Dirección: Catamayo

Correo electrónico: maria.lima@unl.edu.ec

Teléfono: 0985979887

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Directora del Trabajo de Integración Curricular: Econ. Michelle Faviola López Sánchez,
Mg. Sc

Dedicatoria

El presente trabajo se lo dedico a Dios, por haberme acompañado, guiado, y dado la sabiduría a lo largo de la carrera. A mis padres, por su apoyo incondicional, por ser el pilar fundamental en mi vida y mi motor para seguir adelante. A mis hermanos, por su cariño y por siempre apoyarme. A mi hermano Jorge, que desde el cielo, en todo momento ha estado conmigo.

María Elizabeth Lima Espinoza

Agradecimiento

Le agradezco a Dios por haberme guiado y permitido culminar esta etapa profesional, por ser mi fortaleza en todo momento, y por todas sus bendiciones recibidas. A mis padres, quienes con su ejemplo de amor, trabajo, sacrificio y confianza que han depositado en mí, me han permitido cumplir una meta más, enseñándome a creer que sueños se cumplen con trabajo, honestidad, responsabilidad y sobre todo humildad. A mis hermanos, por siempre acompañarme, por su apoyo y cariño incondicional. A la Universidad Nacional de Loja, la carrera de Economía, su planta docente, por su dedicación y profesionalismo brindado a lo largo de la carrera. A mi directora, la Econ. Michelle López, Mg. Sc. que gracias a su conocimiento y su acertada dirección ha sabido guiarme correctamente para culminar el presente trabajo. A mis compañeros, por las experiencias vividas durante estos años.

María Elizabeth Lima Espinoza

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras	viii
Índice de anexos.....	viii
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	7
4.1. Antecedentes	7
4.2. Evidencia empírica.....	11
5. Metodología	15
5.1. Tratamiento de datos	15
5.2. Estrategia econométrica	17
5.2.1. Objetivo específico 1	17
5.2.2. Objetivo específico 2.....	17
5.2.3. Objetivo específico 3	20
6. Resultados	21
6.1. Objetivo específico 1.....	21
6.1.1. Evolución de las variables	21
6.1.2. Correlación	26
6.2. Objetivo específico 2.....	29
6.3. Objetivo específico 3.....	33
7. Discusión	36
7.1. Objetivo específico 1.....	36
7.2. Objetivo específico 2.....	39
7.3. Objetivo específico 3.....	43

8. Conclusiones	45
9. Recomendaciones	47
10. Bibliografía	49
11. Anexos	60

Índice de tablas:

Tabla 1. Descripción de las variables	15
Tabla 2. Estadísticos descriptivos	17
Tabla 3. Curva ambiental de Kuznets	29
Tabla 4. Estimación del MCO Y MCO corregido mediante el test de Newey-West	30
Tabla 5. Modelo de Vectores Autorregresivos (VAR)	32
Tabla 6. Modelo de Corrección de Error (VEC)	33
Tabla 7. Prueba de causalidad de Granger	34

Índice de figuras:

Figura 1. Evolución de las emisiones de CO₂, durante el período 1972-2018	22
Figura 2. Evolución de la industrialización, durante el período 1972-2018	24
Figura 3. Evolución de la urbanización, exportaciones y renta de los recursos naturales, durante el período 1972-2018	25
Figura 4. Correlación entre la industrialización y las emisiones de CO₂, durante el período 1972-2018	27
Figura 5. Correlación entre la urbanización, exportaciones, recursos naturales y las emisiones de CO₂, durante el período 1972-2018	28

Índice de anexos:

Anexo 1. Multicolinealidad: Prueba del Factor de la Varianza (VIF)	60
Anexo 2. Heterocedasticidad: Test de White	60
Anexo 3. Heterocedasticidad: Test de Breusch-Pagan	60
Anexo 4. Normalidad: Test Skewness-Kurtosis	61
Anexo 5. Autocorrelación: Test Breusch-Godfrey	61

Anexo 6. Prueba de raíces unitarias	61
Anexo 7. Segundas diferencias de las variables del modelo	62
Anexo 8. Prueba de raíces unitarias con segundas diferencias (Orden II).....	62
Anexo 9. Determinación del rezago óptimo: IAC-HQIC	63
Anexo 10. Determinación de cointegración: Prueba de Johansen	63
Anexo 11. Prueba de estabilidad para el modelo VAR	63
Anexo 12. Certificación de traducción del Abstract	64

1. Título

“Impacto de la industrialización sobre la contaminación ambiental del Ecuador durante el período 1972-2018”

2. Resumen

Las emisiones de CO₂ a nivel mundial son de aproximadamente 36mm de kilotoneladas. En este sentido, el objetivo de la presente investigación es examinar el impacto de la industrialización sobre la contaminación ambiental del Ecuador durante el período 1972-2018. Para este estudio se utilizó la base de datos del Banco Mundial (2020). En la metodología se utilizó el modelo de MCO para comprobar la EKC, los modelos VAR Y VEC para estimar la relación de largo y corto plazo y el test de cointegración de Granger para evidenciar el nexo causal. Bajo este contexto, entre los principales resultados, se encontró un impacto positivo y estadísticamente significativo de la industrialización sobre las emisiones de CO₂ y no se cumple la EKC para el Ecuador, así como una relación a corto y largo plazo entre la industrialización, las emisiones de CO₂, la urbanización, exportaciones y la renta de los recursos naturales, además, una relación causal unidireccional que va desde la industrialización hacia las emisiones de CO₂. Dados estos resultados, las implicaciones de política, giran a un eje principal, como el cambio de la matriz productiva, para sostener un crecimiento económico mucho más sostenible y amigable con el medio ambiente.

Palabras clave: Industrialización. Contaminación ambiental. Crecimiento económico. Series de tiempo. Ecuador

Códigos JEL: O14. Q53. F43. C32.

2.1 Abstract

CO₂ emissions worldwide are approximately 36mm kilotons. In this sense, the aim of the present research is to examine the impact of industrialization on environmental pollution in Ecuador during the period 1972-2018. For this study, the World Bank database (2020) was used. In the methodology, the OLS model was used to test the EKC, the VAR AND VEC models to estimate the long-run and short-run relationship and the Granger cointegration test to evidence the causal nexus. Under this context, among the main results, we found a positive and statistically significant impact of industrialization on CO₂ emissions and the EKC is not fulfilled for Ecuador; a short- and long-term relationship between industrialization, CO₂ emissions, urbanization, exports, and natural resource rent; as well as a unidirectional causal relationship that goes from industrialization to CO₂ emissions. Given these results, the policy implications turn to a main axis such as the change of the productive matrix, to sustain a much more sustainable and environmentally friendly economic growth.

Key words: Industrialization; Environmental pollution; Economic growth; Time series; Ecuador.

JEL codes: O14. Q53. F43. C32.

3. Introducción

El deterioro ambiental está creciendo a un ritmo muy acelerado. A nivel mundial, según datos de Statistical Review of World Energy (2020) entre los países industrializados del mundo que arrojan más emisiones de CO₂ a la atmósfera debido a sus actividades económicas son: China, generando 9.8 millones de toneladas métricas (Tm) de emisiones de CO₂ (30%), Estados Unidos con 4.9 millones de Tm (15%), India con 2.4 millones de Tm (7%), seguido de Rusia 1.532,6 Tm (5%), Japón 1.123,1 Tm (4%), así como también $\frac{1}{4}$ de las emisiones de CO₂ de la Unión Europea provienen de Alemania (683,8 Tm) debido a su dependencia del carbón. Tomando como ejemplo China, este indicador se puede contrarrestar con la investigación realizada por Dong et al. (2019) donde alude que, desde la perspectiva del nivel de ingresos, la industrialización contribuye al crecimiento de las emisiones de carbono.

Seguidamente, para América Latina y el Caribe quien tiene una estructura productiva sesgada en su mayor parte hacia el sector primario y la extracción de recursos naturales, según Uglietti et al. (2015) la contaminación atmosférica para esta región data desde 1540 con la llegada de los españoles en la producción de la plata, a partir de ahí, estos niveles de concentraciones de metales han ido cada vez más en aumento. Además, según la investigación realizada por Schatan (1999) para Latinoamérica durante los años 80 cuando la industria alcanzaba un gran dinamismo en la actividad exportadora, un aumento del ingreso per cápita intensifica la contaminación ambiental, por lo que esta región se encuentra aún en la fase inicial de la curva de Kuznets ambiental. De este modo, según datos del Global Carbon Atlas (2020) entre los países más contaminantes para el año 2020 tenemos: Brasil (467 Tm CO₂), México (357 Tm CO₂), Argentina (157 Tm CO₂), Colombia (89 Tm CO₂), Venezuela (85 Tm CO₂), Chile (81 Tm CO₂), Perú (45 Tm CO₂), y Ecuador (31 Tm CO₂).

Aterrizando este problema para el caso de Ecuador, siendo el tema de estudio principal, según INEC (2019); Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca [MPCEIP] (2019) en el Ecuador se recolectan cerca de 12.337 toneladas de residuos sólidos por día, donde la mayoría terminan en sitios de disposición final y solo el 6% de los residuos se reciclan a nivel nacional. Además, según datos del Banco Mundial (2021), las emisiones de CO₂ en el 2018 fueron de 41.116 megatoneladas (Mt) antes de la pandemia, en relación al 2019 que se redujo a 33.279 Mt, y decayeron aún más en el 2020, siendo de 33.279 Mt, debido a la crisis sanitaria por el covid-19. Entre las ciudades que mayor cantidad de emisiones de gases generan son: Guayaquil, Cuenca, Ambato, Esmeraldas y Quito, en

sectores de la manufacturera, refinación de petróleo y generación y distribución de energía eléctrica en la región de la Amazonia.

La teoría principal utilizada es la hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets (EKC) aplicada por Grossman y Krueger (1995), ya que se puede explorar la relación existente entre crecimiento económico y calidad ambiental, la misma que explica que, a corto plazo el crecimiento económico genera un mayor deterioro medio ambiental, pero en el largo plazo, en la medida que las economías se hacen más ricas, el crecimiento económico provocará menores impactos sobre el medio ambiente. Además, esta teoría sugiere que, a medida que la economía avanza hacia la industrialización, el medio ambiente corre un mayor riesgo de verse dañado por la contaminación y el agotamiento de los recursos (Agarwal, 2021). La discusión de esta teoría se sustenta en estudios realizados por Zhang et al. (2019); Dogan & Inglesi-Lotz (2020); Aslam et al. (2021a); Gamboa & Montero; Laverde-Rojas et al. (2021).

Asimismo, se plantean las siguientes hipótesis a comprobar: 1) La industrialización y la contaminación ambiental del Ecuador han aumentado en los últimos años; 2) La industrialización tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la contaminación ambiental del Ecuador; y, 3) Existe un nexo de causalidad entre la industrialización y la contaminación ambiental del Ecuador. De la misma forma, se proponen los siguientes objetivos específicos: 1) Analizar la evolución y correlación de la industrialización y la contaminación ambiental del Ecuador, durante el período 1972-2018; 2) Estimar el efecto a corto y largo plazo de la industrialización sobre la contaminación ambiental del Ecuador, durante el período 1972-2018; y, 3) Estimar el nexo causal entre la industrialización y la contaminación ambiental del Ecuador, durante el período 1972-2018.

Además, la presente investigación, aporta con evidencia empírica para futuras investigaciones, relacionadas con la industrialización y la contaminación ambiental y la comprobación de la curva ambiental de Kuznets, puesto que, para el caso de América Latina y principalmente para el Ecuador, existen estudios donde se relaciona el crecimiento económico con contaminación ambiental, más no, con el valor agregado industrial a precios constantes de 2010 como variable dependiente directamente, de esta manera se hace una relación con las emisiones de CO₂ para determinar con más exactitud si la industria como tal, provoca deterioro ambiental. Asimismo, comprobar el nexo causal entre las variables de estudio.

Por último, la estructura del presente trabajo, adicional al título, el resumen y la introducción, se muestra la cuarta sección definida por el marco teórico, donde se evidencia los antecedentes y la revisión de literatura. En la quinta sección, se explica la metodología utilizada para dar respuesta a cada uno de los objetivos específicos planteados. En la sexta sección, se exponen los resultados obtenidos de la investigación. En la séptima sección, la discusión de los resultados, donde se contrastan los resultados obtenidos con la literatura previa. En la octava sección, se presentan las conclusiones obtenidas. En la novena, las recomendaciones. En la décima y décima primera sección se exhiben la bibliografía y los anexos, respectivamente.

4. Marco teórico

4.1. Antecedentes

Desde tiempos remotos, específicamente después de la Revolución Industrial en 1760 es inequívoco el problema de la contaminación ambiental, que se ha acentuado en los últimos años por la industrialización de las economías alrededor del mundo. Dada esta preocupación, grupos sociales, investigadores, científicos, entre otros, se basan en teorías económicas para explicar la relación entre el medio ambiente y la industrialización. En este sentido, este sub apartado se divide en dos grupos, en el primer grupo se postulan las teorías relacionadas con la contaminación ambiental, y el segundo grupo las teorías que hacen mención a la industrialización.

Entre las teorías del primer grupo relacionadas con la contaminación ambiental, se encuentra Pigou (1920) quién estudia las externalidades negativas para corregir distorsiones generadas en los sistemas de precios, mediante el cobro de un impuesto conocido como Impuesto Pigouviano, teniendo como principio general: «el que contamina, paga». Esta adopción fue cuestionada por Coase (1960) en su teorema del coste social, donde afirma que, resulta innecesaria la intervención del Estado para igualar los costos, es suficiente la correcta definición de los derechos de propiedad o derechos de uso de los recursos ambientales para la libre negociación entre agentes contaminantes y contaminados que conduzcan a la optimización social. Estas ideas no estuvieron exentas de críticas, por lo que Pearce (1976) alude que, no se introduce la influencia social de ambos agentes, y que, además, los derechos de la propiedad no garantizan su cumplimiento.

En cambio, Dales (1968) propone la creación de mercados de licencias negociables junto con impuestos, reconociendo que era posible alcanzar una reducción en el volumen de contaminación con sistemas de subsidios por unidad de contaminación reducida. Sin embargo, Kamien et al. (1966); Bramhall & Mills (1966) mencionan que, si bien, los subsidios reducen los costes medios de controlar la contaminación, estos incrementan los beneficios, teniendo consecuencias para el tamaño de la industria junto con un aumento de emisiones de CO₂. Así, consecuentemente, surge aún más la preocupación de un control óptimo de la contaminación; teniendo en cuenta los efectos de los flujos de contaminación sobre el bienestar, se concluye que, los niveles de consumo y los stocks de capital de estado estacionario resultantes de la contaminación son más bajos que los resultados del mercado (Keeler et al. 1971; Forster, 1973; Gruver, 1976; Becker, 1982).

Por otro parte, Grossman & Krueger (1991) toman como referencia el análisis de la curva económica de Kuznets (1955) la misma que hace relación entre la distribución de ingresos y crecimiento económico en forma de U invertida, donde, a partir de un punto máximo de crecimiento económico, la desigualdad de ingresos tiende a disminuir, adaptada para determinar la relación entre el crecimiento económico y la calidad ambiental con la denominada curva de Kuznets ambiental (EKC), la misma que, tiene tres efectos claves: el primero, efecto de escala, que implica mayores emisiones de contaminantes a un mayor crecimiento económico; segundo efecto, implica que a medida que la economía crece, su estructura podría cambiar, por lo que se dice que tiene un efecto ambiguo; tercero, el efecto de la técnica, sugiere que los cambios en el nivel de ingreso per cápita pueden inducir cambios positivos sobre la calidad ambiental.

Asimismo, Nordhaus (1992) investigador estadounidense fue el primero en crear un modelo cuantitativo que describió la interacción entre economía y clima denominado DICE (Modelo Dinámico Integrado de Clima y Economía), por otro lado, Nordhaus & Yang (1996) crearon el modelo RICE (Modelo Regional Integrado de Clima y Economía, por sus siglas en inglés), estos dos modelos integran armónicamente la economía, el ciclo de carbono y las ciencias climáticas, y suponen que las políticas ambientales y climáticas deben diseñarse para optimizar el flujo de consumo a lo largo del tiempo, además, llegaron a la conclusión de que, el costo marginal del control de las emisiones de CO₂ podría hacerse cumplir efectivamente a través de impuestos, regulaciones o licencias negociables.

Igualmente, tomando en consideración la globalización y el medio ambiente, existen 2 perspectivas de la teoría neoclásica que explican esta relación, por un lado, tenemos la «teoría de la competencia hasta el final» la misma que sostiene que, la competencia generada por el libre comercio conduce a un menor equilibrio de los estándares ambientales, porque para encontrar un mejor ambiente competitivo, las empresas tienden a invertir en áreas con regulaciones ambientales más laxas (Boyce, 2004). Por otro lado, la «teoría de los paraísos de la contaminación» mantiene que, las industrias más contaminantes emigran a países con reglas ambientales más laxas, y, por tanto, con menores costos de cumplimiento de la ley (Neumayer, 2001; Levinson & Taylor, 2008).

A diferencia, entre las teorías del segundo grupo relacionados con la industrialización, hacemos mención a mediados del siglo XIX con el inicio de la Segunda Revolución Industrial, donde surgen una serie de cambios tecnológicos, organizativos e institucionales,

que favorecieron la aparición de núcleos urbanos-industriales, los mismos que adquirieron relevancia en la teoría de factores como las economías de aglomeración. Por ello, para Marshall (1890) los distritos industriales son una concentración de actividades productivas relacionadas con sectores especializados dentro de un marco geográfico específico, donde, a partir de este modelo se determina la localización espacial en función de variables diferenciadoras como la productividad, el crecimiento y la innovación, así como, los beneficios y ventajas de pertenecer a una zona industrial.

Así, pues, nos remontamos al año 1909, donde, el economista alemán Weber (1909) a quién se le asigna el desarrollo de la teoría pura de la localización industrial, bajo un espacio isotrópico y la distancia como factor básico de localización, determinó que, la ubicación de una planta industrial está relacionada con cuatro factores básicos: la distancia a los recursos naturales, la distancia a los mercados, los costos laborales y la economía del área de aglomeración. A esto, se le añade teorías tradicionales similares que estudian la localización de estas industrias como la teoría de Von Thünen (1826) y la teoría de Christaller (1933).

Por otro lado, Perroux (1955) en la teoría de los polos de desarrollo centrándose en los cambios intraindustriales e interindustriales, define a un «polo de crecimiento» al conjunto industrial que se basa en una dinámica central a través de eslabonamientos de insumo-producto-mercado, además, el crecimiento no aparece en todos los lugares al mismo tiempo, surge en un determinado punto geográfico para después difundirse a través de canales ya mencionados. Por otro lado, según Hirschman (1958) los centros industriales urbanos tienen doble naturaleza, tanto de carácter dominante como de atracción, esta dinámica muestra un grado de homogeneidad entre los grandes centros urbanos y las zonas densamente pobladas en las que se extiende su influencia, además, sostiene que, el valor de este modelo se basa en eslabonamientos hacia atrás y hacia adelante, siendo la inversión el factor más relevante.

Consecuentemente, en la búsqueda de teorías de la industrialización, se destaca la teoría de despegue de Rostow (1959) quién afirmó que, para que una economía tuviera éxito, se debe cumplir algunas etapas previas como la autosuficiencia en la producción, especialización en el sector primario y exportador, diversificación en nuevas áreas con innovación tecnológica, y por último el consumo a gran escala, dando como resultado el despegue económico en un período aproximado entre 20 y 30 años. Sin embargo, esta teoría es criticada, puesto que, al ser una teoría general, y tomando en consideración que no todos los países crecen a un ritmo

igual, caso contrario como lo mencionó Rostow, sino que, atraviesan etapas de desarrollo distintas, no se lograría el desarrollo anhelado y más aún, en un tiempo concreto.

Es por eso que, para Gerschenkron (1962) la teoría propuesta por Rostow tiene debilidad teórica, y con ello introdujo el término de «industrialización tardía» en su estudio para Europa continental tratando de explicar que, los acuerdos monopolistas de diferente intensidad, el tamaño de las plantas y empresas, la discontinuidad histórica, y la mayor importancia a la producción de bienes intermedios y de capital sobre los bienes de consumo definen el nivel de industrialización. Sin embargo, para América Latina, según Hirschman (1968) no se cumplen estas características señaladas por Gerschenkron, convirtiéndose así, en un proceso de «industrialización doblemente tardía» puesto que, para la región latinoamericana fue un proceso mucho más gradual y secuencial, partiendo de un desarrollo exportador con pequeñas plantas industriales que operaban con tecnología importada de los países industrializados.

Por otra parte, en su teoría de la estructura industrial regional, Richardson (1969) explica la interrelación entre el desarrollo económico y los cambios en una región industrial, según este enfoque, las fuerzas que afectan positiva o negativamente el proceso de desarrollo regional son las decisiones de inversión y el posicionamiento de las inversiones empresariales, estas decisiones de inversión se toman en función de la demanda de insumos o del mercado, además, las áreas de la economía nacional dominadas por industrias de alto crecimiento también crecen a un ritmo más rápido; un área con un cierto porcentaje de industrias lentas crece lentamente

Años más tarde, Porter (1985) incluye el concepto de cadena de valor que vincula actividades de la cadena productiva, como una herramienta de planificación estratégica que incluye factores como infraestructura, recursos humanos y desarrollo tecnológico para maximizar la creación de valor y reducir los costos asociados con el proceso de producción. Bajo este contexto, tomando como base el contraste polar entre la producción fordista (producción en cadena) y flexible (cadena de montaje) de Piore & Sabel (1986), se desarrolla este mismo contraste, pero tomados como dos regímenes contrastantes de regulación, donde se asevera que, la acumulación flexible se basa en tres conjuntos de sectores industriales: primero, industrias con contenido intensivo de diseño, desarrollo y proceso; segundo, sectores industriales con alta intensidad tecnológica con una red de proveedores y subcontratistas; tercero, los sectores que representan funciones de servicios (Scott, 1988).

4.2. Evidencia empírica

La incontrolable degradación del medio ambiente provocada por la industrialización, ha hecho que se convierta en tema de intenso debate, el mismo que, se ha visto reflejado en un número considerable de evidencia empírica para explicar este fenómeno mundial. Por ello, el presente apartado, se divide en dos apartados. Primero, estudios que relacionen la contaminación ambiental y la industrialización. Segundo, aquellos estudios que relacionen la contaminación ambiental con la urbanización, exportaciones y la renta de recursos naturales.

Haciendo énfasis en el primer apartado, según Du et al. (2018) en su investigación para 27 ciudades de China durante 2011-2015, mediante un modelo de estimación de parámetros para corroborar la EKC tomando en cuenta la estructura industrial en las emisiones de CO₂, aluden que, por un lado, la región central tiene una relación en forma de U, mientras que, las regiones este, oeste y noreste tienen una relación en forma de N invertida. Seguido de Zhang et al. (2019) en un estudio para las industrias manufactureras y de construcción, donde se valida la hipótesis de Kuznets para 95 de los 121 países entre 1960-2014. Del mismo modo, Aslam et al. (2021a) para Malasia durante el período 1971-2016 mediante el enfoque de prueba de límite validan la EKC en forma de U invertida, además, de la existencia de causalidad unidireccional. Por el contrario, Dogan & Inglesi-Lotz (2020) en su estudio para países europeos durante el período 1980-2014, afirma que, la EKC no se confirma.

Por otro lado, Gamboa-Montero (2021) en su estudio para el Ecuador durante el período 1990-2018, alude que, el aumento de las unidades industriales, el consumo de energía, y la población influyen positivamente sobre las emisiones de CO₂, además de existir una relación creciente de la actividad industrial hasta un punto de inflexión, a partir del cual, altos niveles de per cápita se relacionan con una paulatina reducción de las emisiones de CO₂, comprobándose así, la teoría de Kuznets. Sin embargo, según Laverde-Rojas et al. (2021) mediante la utilización de técnicas de cointegración para el periodo 1971-2014, afirma que, para países en desarrollo como Colombia no se cumple la EKC debido a que la complejidad económica como proxy del volumen de producción asociada al sector primario es baja con respecto al sector industrial, estando relacionado con la propia producción estatal y la rigidez institucional.

De igual modo, Xu & Lin (2015) al analizar los impactos no lineales de la industrialización sobre las emisiones de CO₂ en China durante 1990-2011 mediante un modelo de regresión aditivo no paramétrico, concluye que, la industrialización sigue un vínculo en forma de U

invertida con las emisiones de CO₂ en las tres regiones. Sin embargo, al tomar en cuenta las industrias de alta tecnología, con base en los datos de panel de 1998 a 2014, Xu & Lin (2017) encontró que estas industrias tienen un impacto no lineal en forma de U invertida en las emisiones de CO₂ en la región oriental, y un impacto no lineal positivo en forma de U en las regiones central y occidental, debido a la atención prestada en el desarrollo de políticas ambientales en las tres regiones. Asimismo, como lo menciona Wang et al. (2017) la validez de la hipótesis EKC varía según los sectores de la industria.

En otras investigaciones, que hablan sobre la contaminación ambiental y la industrialización, tenemos a Wang et al. (2020) que en su estudio para países del APEC revela que la industrialización aumenta la liberación de CO₂ al aire. Del mismo modo lo afirma Opoku & Aluko (2021). Adicionalmente, Aller et al. (2021) encuentra una causalidad unidireccional entre industrialización y emisión de CO₂. No obstante, esta última idea es refutada por la investigación realizada por Aslam et al. (2021b) donde afirma que, a diferencia de lo anterior, existe un vínculo bidireccional. Además, es considerable mencionar que, mediante un modelo del método generalizado del sistema de momentos para China, al analizar el efecto de las políticas, se encuentra que, la implementación de la política de reducción de emisiones obligatoria y una mayor regulación ambiental puede reducir las emisiones de CO₂ de las industrias pesadas (Ouyang et al., 2020).

Hang et al. (2019) en su investigación para China durante el período 1995-2015 utilizando el método mejorado de análisis de descomposición teórica de producción-análisis de descomposición del índice (PDA-IDA), indica que, existe una tendencia de desarrollo de desacoplamiento entre el valor agregado industrial y las emisiones de CO₂, y el progreso tecnológico tienen un impacto relativamente pequeño en el desacoplamiento. Por otro lado, la investigación realizada por Fang et al. (2020) para 283 ciudades chinas desde el 2003 al 2013 mediante modelos espaciales, alude que, las aglomeraciones industriales disminuyen la contaminación por smog debido al efecto indirecto de la tecnología. También, lo afirma Zhang et al. (2021); Luo et al. (2020). Seguidamente, Lan et al. (2021) en su estudio para 28 provincias de China de 2007 a 2013, encontraron que, la aglomeración de la manufactura tiene un impacto significativo en las emisiones locales de CO₂, pero no tiene un efecto indirecto en las emisiones de CO₂ en las áreas vecinas.

Por otro lado, Tian et al. (2018) aseveran que, las industrias aumentan las emisiones de CO₂ debido a la extensión de la cadena industrial, así como las prioridades políticas. De igual

manera, según Wang & Feng. (2018) el crecimiento de la producción industrial fue el sector que más contribuyó a las emisiones industriales de CO₂ de China. Incluso, Zhang et al. (2018) en su investigación para el noreste de China, alega que, la construcción y las industrias tradicionales intensivas en carbono como la fabricación y la minera relacionadas con los recursos, son los sectores que más emiten CO₂. Asimismo, la aplicación de técnicas GMM a datos de panel para 30 provincias de China, se confirma que, la entrada de industrias secundarias tiene un efecto positivo en la intensidad de carbono, y este efecto es más fuerte en la región central (Ling & Wang, 2022).

Del mismo modo, dentro del segundo apartado, tenemos a Vaca & Cartuche (2018) quienes, al realizar un análisis para 141 países, aseveran que no existe evidencia de EKC en forma de U invertida entre la urbanización y emisiones de CO₂ para países de ingresos altos, pero sí, para países de ingresos bajos. De igual manera, Zhang (2019) para países de Asia Central de 1992 a 2013, mediante técnicas de estimación, revelan que, no se cumple la EKC, pero existe una causalidad bidireccional. A esto, se le añade la investigación realizada por Kirikkaleli & Kalma (2020) para Turquía durante 1960-2016, utilizando técnicas econométricas de cointegración, revela que, a diferencia de lo anterior, la EKC es válida y se confirma la existencia de un papel moderador de la urbanización sobre las emisiones de CO₂. Sucede lo contrario, para países desarrollados, en investigaciones realizadas por Rofiuddin et al. (2017); Chen et al. (2019); Xu et al. (2020); Muhammad et al. (2020); Verbič et al. (2021) donde si se valida la hipótesis de EKC.

Seguidamente, haciendo énfasis a las exportaciones, Mania (2020) examina el efecto de la diversificación de las exportaciones sobre las emisiones de CO₂ bajo la hipótesis de la EKC para 98 países desarrollados y en desarrollo durante el periodo 1995-2013 mediante GMM para la estimación a corto plazo, y grupo de media agrupada para largo plazo, concluyendo que, la EKC es válida, y que la diversificación de las exportaciones tiene un efecto positivo en las emisiones de CO₂. De la misma forma, Can et al. (2020) al examinar los efectos de la diversificación general de productos de exportación sobre las emisiones en 84 países en desarrollo durante el período 1971–2014 mediante ARDL, DOLS FMOLS, revelan que, la hipótesis EKC es válida, además, la diversificación general tiene un efecto positivo y significativo en las emisiones de CO₂.

Sin embargo, Rahman et al. (2021) encontró el efecto negativo entre las exportaciones y emisiones de CO₂ en el largo plazo para países recientemente industrializados, algo similar

sucede con China y Estados Unidos, por un lado, Estados Unidos transfiere el 19%, mientras que, China transfiere el 6,4% del CO₂ al exterior para sus exportaciones bilaterales (Dai et al., 2021). Mientras que, en un estudio realizado para Alemania, se muestra una relación positiva sobre la intensidad de las exportaciones y las emisiones de CO₂ (Richter & Schiersch, 2017). Mismo efecto para la India donde el crecimiento de la demanda externa aumenta el crecimiento de las emisiones de CO₂ a nivel de empresa (Barrows & Ollivier, 2021). Por otra parte, se analiza el ajuste sectorial para las exportaciones de China como vía para transformar la estructura económica de modo que, se pueda lograr un desarrollo de alta calidad, mostrando que, esta reestructuración hacia el sector de servicios contribuirá a una disminución de CO₂ (Wu et al., 2019).

De igual forma, haciendo relación a los recursos naturales tenemos que, Shehzad et al. (2022) en su estudio para Argelia utilizando ARDL, encontró que, los ingresos de los recursos naturales mejoraron significativamente las ventajas ambientales de Argelia y se confirma la EKC en forma de N, así como, una relación unidireccional que va desde la renta de los recursos naturales hacia las emisiones de CO₂. También, lo afirma Aziz et al. (2021); Bekun et al. (2020). Por el contrario, según Onifade (2022) utilizando mínimos cuadrados ordinarios dinámicos (DOLS) para datos entre 1995 y 2016 para Argelia, Nigeria, Angola y Egipto, demostró que, no se cumple de manera convincente la EKC. De igual manera, para países con dependencia en recursos naturales, no se cumple la EKC, estando en la fase inicial de la curva, donde, un crecimiento económico provoca aún mayores emisiones de CO₂ (Badeeb et al., 2020).

5. Metodología

La presente investigación es de tipo exploratoria, ya que, se realiza la búsqueda de información, recolección de datos y criterios necesarios, que permiten interpretar y evaluar la relación existente entre la industrialización y la contaminación ambiental del Ecuador. Además, es de tipo descriptiva, proporcionando una descripción y análisis de los aspectos fundamentales de los indicadores utilizados para explicar las variables de estudio, a través de estadísticos, tablas, y figuras. Por otro lado, es de tipo correlacional, dado que, mediante la estimación de un modelo econométrico entre las variables del modelo se obtiene y se procesa adecuadamente la información, y se procede a identificar el comportamiento de estas, para luego comprenderlas, interpretarlas y explicarlas a través de un oportuno estudio de los resultados, con el propósito de desarrollar soluciones y alternativas ante la problemática expuesta de la presente investigación.

5.1. Tratamiento de datos

Para la presente investigación se emplea la base de datos del Banco Mundial (2020) para el Ecuador durante el período 1972-2018. Las variables utilizadas de acuerdo al modelo econométrico utilizando series de tiempo son las emisiones de CO₂ medida en toneladas métricas per cápita, como variable dependiente, el valor agregado de la industria en US\$ a precios constantes de 2010, como variable independiente, y finalmente las variables de control que permiten dar un mayor ajuste al modelo como: la urbanización (% del total de la población), las exportaciones de bienes y servicios (US\$ a precios constantes de 2010) y la renta de los recursos naturales (% del PIB). Adicionalmente, se convierte en logaritmo las variables exportaciones, para un mejor tratamiento de los datos. A continuación, en la Tabla 1, se detalla cada una de las variables a utilizar.

Tabla 1.

Descripción de las variables.

Tipo de variable	Notación	Unidad de medida	Descripción
<i>Dependiente</i>			
Emisiones de CO ₂	CO ₂	Toneladas métricas per cápita	Las emisiones de CO ₂ provienen de la quema de combustibles fósiles y de la fabricación del cemento.
<i>Independiente</i>			

Industria, Valor Agregado	Ind	US\$ a precios constantes del 2010	El término “industria” corresponde a las divisiones 10 a 45 de la CIU e incluye a las industrias manufactureras (divisiones 15 a 37 de la CIU). Comprende el valor agregado en explotación de minas y canteras, industrias manufactureras, construcción, y suministro de electricidad, gas y agua. Expresados en dólares de los EEUU a precios constantes del 2010.
<i>De control</i>			
Población Urbana	Urb	% del total de la población	Se refiere a las personas que viven en áreas urbanas según la definición de las oficinas nacionales de estadística. Los datos son recopilados y suavizados por la División de Población de las Naciones Unidas.
Exportaciones de bienes y servicios	X	Logaritmo	Representan el valor de todos los bienes y demás servicios de mercado prestados al resto del mundo. Incluyen el valor de las mercaderías, fletes, seguros, transporte, viajes, regalías, tarifas de licencia y otros servicios.
Renta total de los recursos naturales	Rn	% del PIB	La renta total de los recursos naturales es la suma de la renta del petróleo, la renta del gas natural, la renta del carbón (duro y blando), la renta mineral y la renta forestal.

Nota. Adaptado con información correspondiente al Banco Mundial (2020).

Siguiendo con el análisis, en la Tabla 2, podemos observar los estadísticos descriptivos de cada una de las variables del modelo detallando en total 47 observaciones. Podemos resaltar que, en promedio se han emitido 1,83 Tm per cápita de emisiones de CO₂ y el valor agregado industrial es en promedio de \$14.47 miles de millones (mm), esto, debido a que, el bajo nivel de industrialización que tiene el país hace que las emisiones de CO₂ también sean relativamente bajas, por tanto, también la renta de los recursos naturales es baja (9,42% del PIB). Además, más de la mitad de la población viven en zonas urbanas (55,56%). En promedio, el logaritmo a precios constantes de 2010 de las exportaciones para el Ecuador es de 22,95. Adicionalmente, tenemos que, la urbanización, la industrialización tienen una mayor desviación estándar respecto a su media, siendo de 7,43 y 7,49 respectivamente. Sucede lo contrario con las emisiones de CO₂ (0,47), el log de las exportaciones (0,64) y la renta de recursos naturales (4,17), tienen una menor desviación estándar.

Tabla 2.*Estadísticos descriptivos*

Variable	Observaciones	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Emisiones CO2	47	1,833	0,469	0,715	2,583
Industrialización (US\$)	47	17,465	7,485	6,371	31,803
Urbanización (%)	47	55,556	7,434	40,352	63,821
Exportaciones (log)	47	22,948	0,636	21,401	23,806
Renta recursos naturales (% PIB)	47	9,415	4,173	1,607	18,860

5.2. Estrategia econométrica

La presente investigación busca estimar el efecto de la industrialización medida por el valor agregado industrial a precios constantes del 2010 sobre la contaminación ambiental medida por las emisiones de CO2 en Tm per cápita del Ecuador durante el período 1972-2018; por ende, a continuación, se detalla la estrategia econométrica utilizada para el cumplimiento de cada uno de los objetivos.

5.2.1. Objetivo específico 1

Analizar la evolución y correlación de la industrialización y la contaminación ambiental del Ecuador, durante el período 1972-2018.

Para dar cumplimiento al primer objetivo, se realiza un análisis de la evolución y correlación de la industrialización y contaminación ambiental en Ecuador, durante el período 1972-2018, mediante un análisis descriptivo con la finalidad de verificar el comportamiento y el nivel de asociación que han tenido las variables principales a lo largo del tiempo, todo esto mediante gráficos de evolución y correlación. Además, para la determinación de la correlación entre las variables es importante conocer que esta se encuentra entre los valores 1 y -1 que representa una correlación perfecta, pero cuando el coeficiente de correlación se aproxima a 0, más débil es la relacional lineal y viceversa.

5.2.2. Objetivo específico 2

Estimar el efecto a corto y largo plazo de la industrialización sobre la contaminación ambiental del Ecuador, durante el período 1972-2018.

En primer lugar, se procede a realizar un modelo básico de series de tiempo denominado Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) para determinar de manera formal la base teórica de la EKC, partiendo de la Ecuación (1).

$$CO2_t = \beta_0 + \beta_1 Ind_t + \beta_1 Ind2_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

Donde, CO2 representa las emisiones de CO2 en toneladas métricas per cápita, β_0 es la intersección en el tiempo, $\beta_1 Ind_t$ representa la industrialización a precios constantes del 2010, $\beta_1 Ind2_t$ representa el cuadrado de la industrialización para capturar el efecto en el tiempo y ε_t es el término de error de la ecuación.

Seguidamente, para comprobar la existencia de largo y corto plazo, en primer lugar, se realiza un MCO para demostrar el comportamiento y el grado de asociación inicial entre las variables de estudio, Por ende, para dar un mayor ajuste a este modelo, se incluyen variables de control, mostradas en la Ecuación (2).

$$CO2_t = \beta_0 + \beta_1 Ind_t + \beta_3 Urb_t + \beta_4 lX_t + \beta_5 Rn_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

Donde, $\beta_3 Urb_t$ representa el porcentaje de la población que viven en zonas urbanas, $\beta_4 lX_t$ mide el log de las exportaciones, y, por último, $\beta_5 Rn_t$ representa la renta de los recursos naturales en porcentajes del PIB.

Para obtener resultados confiables de este modelo, se procede a realizar pruebas de diagnóstico para corroborar si el modelo presenta o no problemas de multicolinealidad, heterocedasticidad, normalidad y autocorrelación. Es así que, para comprobar si existen problemas de multicolinealidad se aplica el Factor de Inflación de la Varianza (VIF) el mismo que afirma que, cuando se presentan valores mayores a 10, existe este problema de multicolinealidad. Asimismo, para el análisis de heterocedasticidad se utiliza la prueba de White (1980), donde, si el valor de la probabilidad de $\chi^2 < 0,05$ se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad, y el test de Breusch-Pagan. Seguidamente, para comprobar si los errores se distribuyen normalmente se emplea la prueba de Skewness-Kurtosis, donde, si el valor de la prob $\chi^2 < 0,05$ se rechaza la hipótesis nula de normalidad. Por último, se aplica el test de Durbin & Watson (1950) para comprobar la autocorrelación, si el valor de la prob $\chi^2 < 0,05$ se rechaza la hipótesis nula de no autocorrelación.

Una vez realizado los procedimientos anteriores, para conocer si existe una relación de equilibrio a largo plazo entre las variables incluidas del modelo, se efectúa un modelo

vectorial autorregresivo (VAR). Para ello, en primer lugar, se realizan las pruebas de Dickey & Fuller (1979) y Philips & Perron (1988), las mismas que, contrastan la existencia de raíces unitarias o componente tendencial de las variables, y en caso de que exista problemas de no estacionalidad de la serie de tiempo, se procede a aplicar primeras y segundas diferencias para que se conviertan en vectores de orden de integración II.

Además, para conocer la longitud del rezago se utiliza el criterio de información de Akaike [IAC] (1974) y el criterio de información de Hannan & Quinn [HQIC] (1979). Por último, utilizando la prueba de cointegración de Johansen (1988), se permite detectar el rango de la matriz de cointegración que resulta la mejor opción para modelar el sistema después de confirmar que existe cointegración (Renteria et al., 2016). Teniendo finalmente el modelo VAR, denotado por el siguiente sistema de ecuaciones dinámica, expresadas en las Ecuaciones (3), (4) y (5).

$$\Delta co2_t = \alpha_0 + \alpha_1 \sum_{i=1}^n \Delta Ind_{t-k} + \alpha_2 \sum_{i=1}^n \Delta Z_{t-k} + \alpha_3 \sum_{i=1}^n \Delta co2_{t-k} + \varepsilon_t \quad (3)$$

$$\Delta Ind_t = \alpha_0 + \alpha_1 \sum_{i=1}^n \Delta co2_{t-k} + \alpha_2 \sum_{i=1}^n \Delta Z_{t-k} + \alpha_3 \sum_{i=1}^n \Delta Ind_{t-k} + \varepsilon_t \quad (4)$$

$$\Delta Z_t = \alpha_0 + \alpha_1 \sum_{i=1}^n \Delta co2_{t-k} + \alpha_2 \sum_{i=1}^n \Delta Ind_{t-k} + \alpha_3 \sum_{i=1}^n \Delta Z_{t-k} + \varepsilon_t \quad (5)$$

Donde, CO2 representa la contaminación ambiental, (Ind) la industrialización, y Z incluye las variables de control como: la urbanización (Urb), las exportaciones (IX) y la renta de los recursos naturales (Rn). En la Ecuación (3), α_0 es la intersección; $\alpha_1 \sum_{i=1}^n \Delta Ind_{t-k}$ es la sumatoria de los k rezagos del efecto de la industrialización sobre $co2_t$ medido por α_1 ; $\alpha_2 \sum_{i=1}^n \Delta Z_{t-k} + \alpha_3$ captura el efecto de los k rezagos de las variables de control representadas por Z sobre $co2_t$ medidos por α_2 . Por último, sus mismos rezagos de la variable endógena denotados por $\alpha_3 \sum_{i=1}^n \Delta co2_{t-k}$ más el término de error, siguiendo esta lógica se explica de la misma manera para las Ecuaciones (4) y (5).

Una vez analizada la cointegración de largo plazo entre las variables incluidas del modelo, se obtiene el término de error u_i . Seguidamente, para conocer la relación a corto plazo se plantea el modelo de corrección de error (VEC) incluido el error rezagado ($\alpha_i \varepsilon_{t-k}$), denotando el siguiente sistema de Ecuaciones (6), (7) y (8).

$$\Delta co2_t = \alpha_0 + \alpha_1 \sum_{i=1}^n \Delta Ind_{t-k} + \alpha_2 \sum_{i=1}^n \Delta Z_{t-k} + \alpha_3 \sum_{i=1}^n \Delta co2_{t-k} + \alpha_i \varepsilon_{t-k} + \varepsilon_t \quad (6)$$

$$\Delta Ind_t = \alpha_0 + \alpha_1 \sum_{i=1}^n \Delta co2_{t-k} + \alpha_2 \sum_{i=1}^n \Delta Z_{t-k} + \alpha_3 \sum_{i=1}^n \Delta Ind_{t-k} + \alpha_i \varepsilon_{t-k} + \varepsilon_t \quad (7)$$

$$\Delta Z_t = \alpha_0 + \alpha_1 \sum_{i=1}^n \Delta co2_{t-k} + \alpha_2 \sum_{i=1}^n \Delta Ind_{t-k} + \alpha_3 \sum_{i=1}^n \Delta Z_{t-k} + \alpha_i \varepsilon_{t-k} + \varepsilon_t \quad (8)$$

5.2.3. Objetivo específico 3

Estimar el nexo causal entre la industrialización y la contaminación ambiental del Ecuador, durante el período 1972-2018.

Por último, para determinar si existe un nexo causal entre las variables incluidas del modelo, se utiliza el test de causalidad de Granger (1969) Ecuación (9) y (10), una prueba estadística empleada para determinar si una serie temporal puede predecir a otra, las mismas que pueden ser de carácter unidireccional o bidireccional, denotado por las siguientes ecuaciones.

$$Ind_{it} = \alpha_i + \sum_{k=1}^k \gamma_i^k Ind_{i,t-k} + \sum_{k=1}^k \beta_i^k co2_{i,t-k} + u_{i,t} \quad (9)$$

$$co2_{it} = \alpha_i + \sum_{k=1}^k \gamma_i^k co2_{i,t-k} + \sum_{k=1}^k \beta_i^k Ind_{i,t-k} + u_{i,t} \quad (10)$$

Donde la Ind_{it} y $co2_{it}$ son las variables estacionarias, α_i es fijo en el tiempo. De esta manera, si el comportamiento actual (Ind_{it}) y el comportamiento rezagado ($Ind_{i,t-k}$) predice la senda temporal de $co2_{i,t-k}$ se dice que existe una causalidad unidireccional, que va desde la industrialización hacia la contaminación ambiental, y viceversa en la Ecuación (10).

6. Resultados

6.1. Objetivo específico 1.

Analizar la evolución y correlación de la industrialización y la contaminación ambiental del Ecuador, durante el período 1972-2018.

6.1.1. Evolución de las variables

En la Figura 1, podemos evidenciar que la contaminación ambiental del Ecuador ha ido en un aumento progresivo durante el período 1972-2018. Cabe recalcar que, desde 1972 existió un cambio la estructura económica del país, pasando de ser una economía agro exportadora a un modelo minero exportador, con ello se empezó una dependencia excesiva de combustibles fósiles, por la explotación y extracción de hidrocarburos, consumo de energías provenientes de fuentes térmicas e intensificación del sector automotriz que, hasta la actualidad se mantiene, provocando que, las emisiones de CO₂ pasen de 0,71 Tm per cápita en 1972 a 2,31 Tm per cápita en 2018.

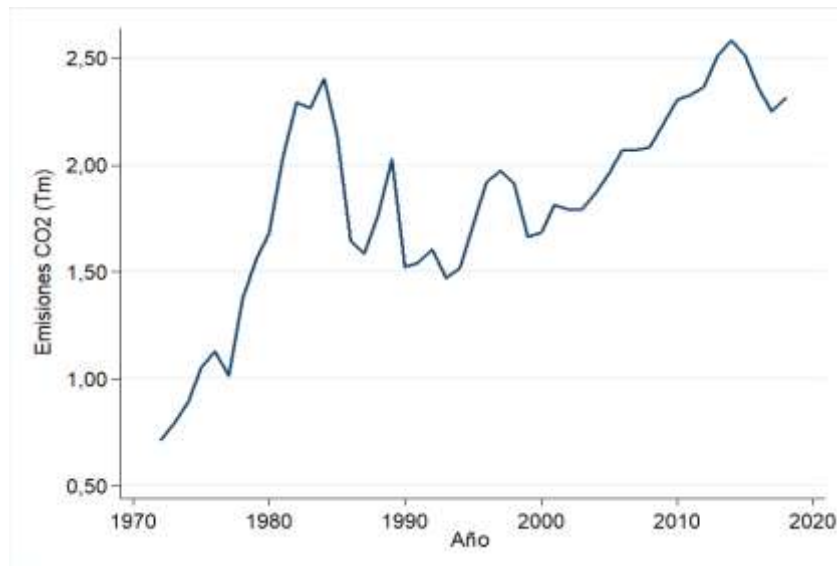
Las emisiones de CO₂ continuaron creciendo durante la década de los 90, pasando de 16.827,86 mil Tm en 1990 a 45.116,18 (kt) en 2018, un incremento del 168,10% con una variación anual media del 5,15%, el descenso más significativo se presentó en 1994, con una disminución del 43,6%, pasando de 24.205,87 a 13.652,24 (kt), sin embargo, al año siguiente, la cifra volvió a aumentar a 22.841,74 (kt), un incremento del 67% (Banco Mundial, 2019). Además, según el Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE] (2011) en la Segunda Comunicación Nacional de Ecuador sobre cambio climático considera que, entre 1990 y 2006, el total de las emisiones de CO₂ se duplicaron, generadas principalmente por el sector transporte, aumentando un 78,7% con un mayor aumento del consumo energético.

Según datos MAE (2016a) en base al inventario de gases de efecto invernadero (INGEI), menciona que, el sector del uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura (USCUSS) representan el 51,76% del total de emisiones de CO₂, seguidos del sector de la energía debido a la quema de combustibles fósiles que representa el 44,82% y, por último el sector industrial proveniente de la industria de los minerales con el 3,42% de emisiones de CO₂ para el año 2010, sin embargo, para el año 2012, el principal contaminante llega a ser el sector energético representando el 46,6% de las emisiones de CO₂, seguido del sector USCUSS con el 25,3%, la agricultura (18,1%), los procesos industriales (5,6%) y los residuos (4,1%), este ligero aumento se debe a que la mayoría de industrias hacen uso de sistemas de bombeo a diesel, como el sector camaronero.

Con el pasar de los años, se han venido realizando esfuerzos para controlar las emisiones de CO₂, donde, las principales actividades se basan en la quema de combustibles fósiles como ya hemos mencionado, es así que, en el 2016, Ecuador suscribió el Acuerdo de París en el marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que reemplazó al Protocolo de Kioto, mediante esta acción, el Estado ecuatoriano se alinea con su misión de proteger el medio ambiente y sus propuestas de vanguardia en lo geopolítico, proceso para combatir el cambio climático, si bien las emisiones del país son solo el 0,15% de las emisiones globales, esto representa un punto de partida para la búsqueda de energías limpias basadas en la implementación efectiva de una estrategia firme para reducir los gases de efecto invernadero globales (MAE, 2016b).

Figura 1.

Evolución de las emisiones de CO₂, durante el período 1972-2018



De la misma manera, el valor agregado industrial se ha mantenido ligeramente constantes desde 1972 al 2000 con un crecimiento a un ritmo lento, a partir de este año, la industria ha crecido en una proporción mayor, tal como se puede observar en la Figura 2. Haciendo énfasis en que, el Ecuador es un país con una estructura económica desequilibrada y sesgada hacia el sector primario e históricamente extractivista, podemos resaltar que, durante el año de 1972 gracias al inicio del «boom petrolero» el crecimiento económico del Ecuador se disparó y llegó a niveles récord, donde, para 1973, el país registró un crecimiento del PIB del 24% alcanzando un tasa de crecimiento de la industria máximo durante toda la historia de 29,63% principalmente por parte de las refinerías de petróleo, la misma que representaba \$8.25 mm en relación a 1960 que fue de \$2.77 mm.

Para la década de los 80, la importancia del sector petrolero para la economía ecuatoriana llegó a representar casi el 70%, sin embargo, a principios de 1982 debido al desequilibrio en la balanza de pagos, déficit fiscal, desorden monetario, falta de recursos crediticios por una deuda externa creciente, se comienza a agudizar la crisis económica y social del país, donde, sumado a esto, la reducción de los precios internacionales de crudo y los daños de oleoducto causados por el sismo de marzo de 1987, entre 1986 y 1988 las tasa de crecimiento de la industria también cayó a -7,66% en 1987, siendo la tasa más baja de la historia del Ecuador. (Oleas-Montalvo, 2017).

La economía continuaba viviendo los rezagos de la crisis generada en la década anterior, pero para la década de los 90, la economía se recupera pasando de \$11.64mm del valor agregado de la industria en 1987, a por lo menos \$13.41mm en 1990 con una tasa de crecimiento de la industria de 2,22%, y para 1994 este alcanzaba \$15.57mm con una tasa de crecimiento de 7,20%. Sin embargo, los problemas sociales, políticos y económicos continúan prevaleciendo. A esto, se le suma el fenómeno del niño en 1997 y 1998 que afectó a la producción nacional, especialmente en la actividad agropecuaria, alterando el ciclo económico y agravando aun más las tendencias latentes en materia de evolución de la inflación, solvencia del sistema financiero y de la propia estabilidad macroeconómica (BCE, s.f.).

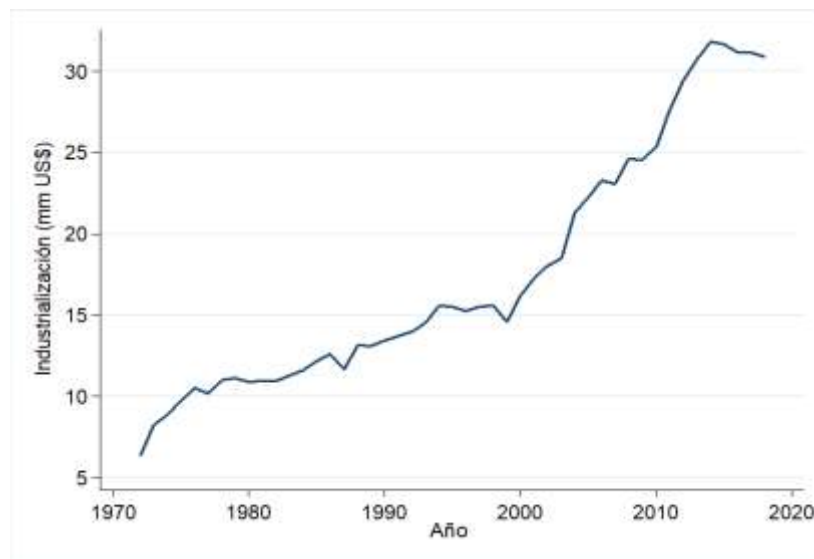
Adicional, ya para 1998 la inestabilidad interna del país se agudiza cada vez más, debido también a la crisis asiática y brasileña, las mismas que provocaron una reducción de la IED. Sin haber resuelto los desajustes económicos, a partir de 1999 el país tuvo que hacer frente a la crisis financiera internacional que le provocó una reducción de fuentes de financiamiento externo, además, de la crisis financiera interna como el feriado bancario y congelamiento de los depósitos en la banca, todo esto junto, debilitaron aún más la economía ecuatoriana con una contracción de -4,74% del PIB, y con ello el valor agregado industrial cayó a \$14.61mm, con una tasa crecimiento negativa de -6,36% , caracterizado por variaciones negativas en las industrias de alimentos (-1.2%), textiles (-7.9%), madera (-1.2%), papel e imprentas (-0.9) y la construcción mostró una caída del 8.0% (BCE, s.f.).

Sin embargo, en el año 2000 gracias a la dolarización, proceso que, fue respuesta a la gravísima inestabilidad económica del país, existió una recuperación de la economía, gracias a este nuevo sistema económico, por un lado, la industrialización han tenido un comportamiento más estable y positivo, pasando de \$16.21 mm en 2000 a \$30.86 mm.

Tenemos que, para el año 2013, las actividades económicas con una mayor participación en el PIB superior al 9% fueron: manufactura (11,8%), comercio (10,3%), actividad petrolera y minera (10,1%) y construcción (9,9%); por su parte, la agricultura ha mantenido una participación promedio de 7,5%, en tanto que la enseñanza y los servicios sociales y de salud de 8,3% (MAE, 2016).

Figura 2.

Evolución de la industrialización, durante el período 1972-2018



En la Figura 3, podemos observar la evolución de la urbanización, el logaritmo de las exportaciones y la renta de los recursos naturales. En primer lugar, tenemos en el panel (a) a la urbanización, la misma que, ha tenido un aumento exponencial, pasando de 40,35% del total de población en 1972 a 63,82% en 2018 que viven en zonas urbanas, este proceso se dio a través del desarrollo de actividades primarias exportadora durante 1870-1960, y luego con la economía en el proceso de la industria petrolera en 1960, estos dos procesos enfocan y excluyen políticas gubernamentales que favorecen a ciertas regiones y aíslan a otras, consolidando así, las bases de la polarización urbana principalmente en Quito y Guayaquil, donde se concentran recursos y poblaciones, así como, los desastres naturales como el fenómeno del niño en 1990 que afectó al sector rural y los problemas sociales, económicos y políticos, generaron una ola migratoria del campo-ciudad (Castro-Herrera & Miranda, 2021).

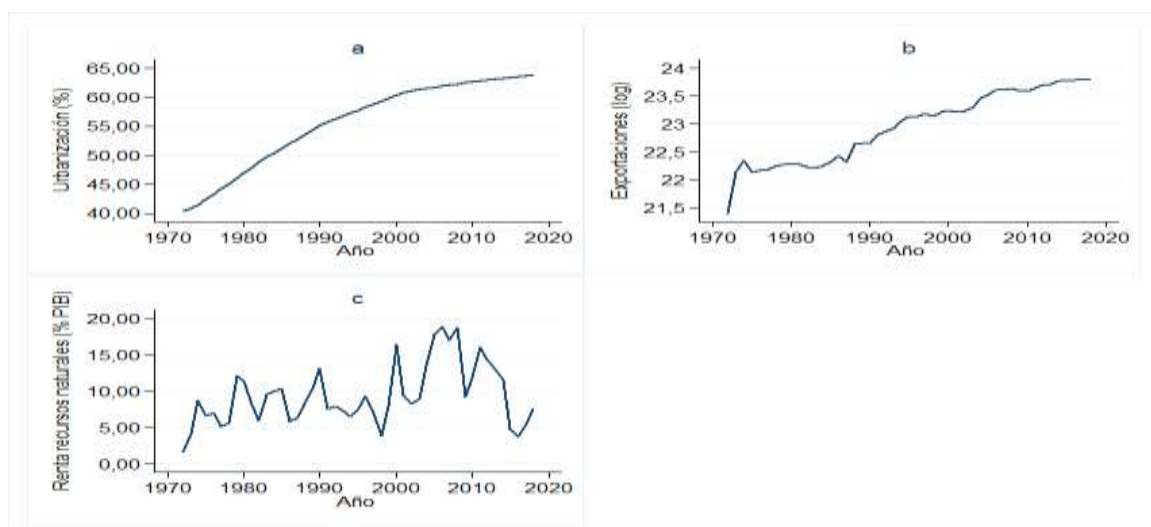
En el panel (b), se puede observar que, desde 1972 y 2018 las exportaciones han ido en un constante aumento representando el 10,24% del PIB en 1972 al 20,10% en 2018, para este último año, se presentó un incremento de 0,9% respecto al año 2017, entre los principales

productos que mostraron un comportamiento positivo estuvieron: camarón elaborado (10%), banano, café y cacao (0,3%) y, aceites refinados de petróleo (2,3%) (BCE, 2019). Asimismo, según Roca (2020) de la Asociación Latinoamericana de Integración [ALADI] entre 2012 y 2018, la participación de los aceites crudos de petróleo representó el 53,49% de las exportaciones en 2012, mientras que para el 2018 disminuyó a 36,35%, esta caída se generó por una disminución en la participación porcentual de materias primas y un aumento en productos con bajo contenido tecnológico, con ello, el sector bananero y camaronero pasaron de una participación de 8,75% y 5,37% en 2012 a 14,42% y 13,53% en 2018 respectivamente; el principal destino de estas exportaciones más representativas son: EEUU, Perú, Chile, Colombia, China, Panamá y Vietnam.

En el panel (c), se muestra que, la renta de los recursos naturales se ha mantenido más o menos constante, variando entre 1,61% a 7,58% del PIB entre 1972 y 2018 respectivamente, alcanzando su punto máximo en el 2006 con 18,86%. Cabe resaltar que, para el primer semestre del 2015 los ingresos programados (recaudados) fueron de USD 35,77 millones, que comparado con el 2014, refleja un incremento en la recaudación de USD 6,46 millones, el cual se relaciona fundamentalmente con la gestión de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL) que recibió transferencias de las Empresas Eléctricas, de la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH) por concepto de renta de inversiones y multas; y, de la Agencia de Regulación y Control Minero por tasas y contribuciones en ese sector; con monto total de USD 34.08 millones que representa el 66,08% de efectividad (Ministerio de Finanzas, 2015).

Figura 3.

Evolución de la urbanización, exportaciones y renta de los recursos naturales, durante el período 1972-2018



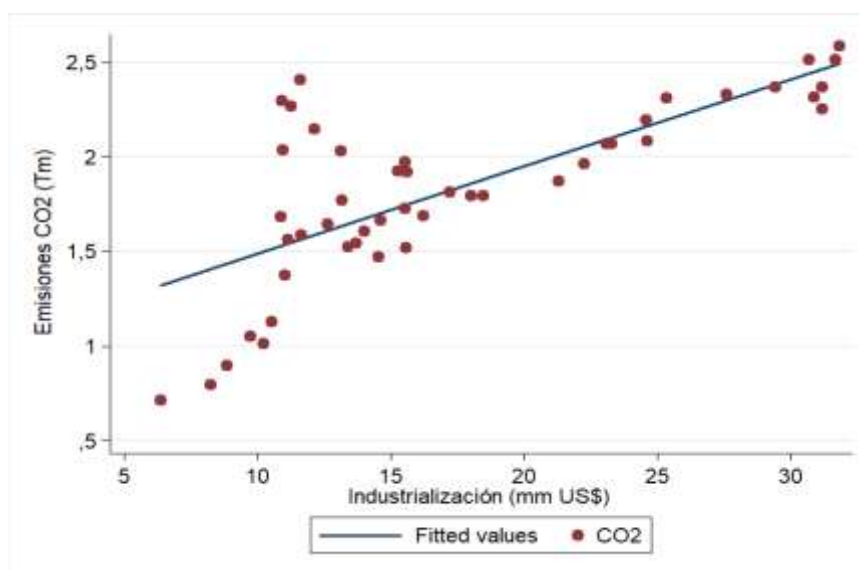
6.1.2. Correlación

La industrialización y las emisiones de CO₂ tal como se puede observar en la Figura 4, tienen una correlación lineal positiva. Según, el MAE (2017) las emisiones totales de CO₂ disminuyeron un -4,9% entre 1994 y 2012, y el sector USCUS ha sido reemplazado por el sector energético como principal emisor, en parte, porque el país ha logrado reducir las emisiones a la mitad las tasas de deforestación pasando de 92.742 ha/año a 47.497 hectáreas/año, aunado a la industrialización y al aumento del parque automotor, además, el transporte es el principal consumidor de energía (48%), seguido de la industria (21%) y el consumo residencial (14%), el petróleo domina la oferta energética con 72%; otras fuentes de energía incluyen energía hidroeléctrica (12%), gas natural (9%), caña de azúcar y sus derivados (4%) y leña (3%), que siguen generando emisiones de CO₂, principalmente, el sector energético.

Dentro de los avances para mejorar y combatir el cambio climático, se encuentra la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en 1992; en 1999, el Protocolo de Kioto; en 2016 el Acuerdo de París; en 2008 dentro de la Constitución por primera vez en la historia a nivel mundial se le otorga derechos a la naturaleza y se protege el 20% del territorio nacional; en 2009, el MAE oficializa la Política Ambiental Nacional y en ese mismo año, se declara como política de estado la adaptación y mitigación del cambio climático, para los años siguientes; en 2013-2017 se presenta el Plan Nacional del Buen Vivir, en el que hace mención a garantizar los derechos y sostenibilidad ambiental, y otros acuerdos gubernamentales, sin embargo, pese a estos avances institucionales, las emisiones de CO₂ continúan aumentando, debido a que, la estructura industrial no ha experimentado grandes avances, centrándose todavía hacia una industria básica de explotación de recursos naturales, por tanto, la contaminación sigue prevaleciendo, sumado con el bajo nivel en tecnologías limpias (MAE, 2017).

Figura 4.

Correlación entre la industrialización y las emisiones de CO₂, durante el período 1972-2018.



Como se aprecia en la Figura 5, tanto la urbanización, como las exportaciones y la renta de los recursos naturales tienen una relación lineal positiva con las emisiones de CO₂. En el panel (a), se evidencia que el porcentaje de la población que viven en zonas urbanas aumentan las emisiones de CO₂, ya que, estos sistemas urbanos concentran grandes disfunciones ambientales debido a su dependencia de recursos externos y a los residuos que generan, así como la mala planificación urbana. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC] (2018) informa que cada habitante del Ecuador produce en promedio alrededor de 0,58 kilogramos de residuos sólidos, en el área urbana correspondiente al año 2016, este valor fue similar al del 2015, mientras que, en el 2014, de 0,57 kg; observándose diferencias no significativas de la producción per cápita de residuos sólidos en este sector.

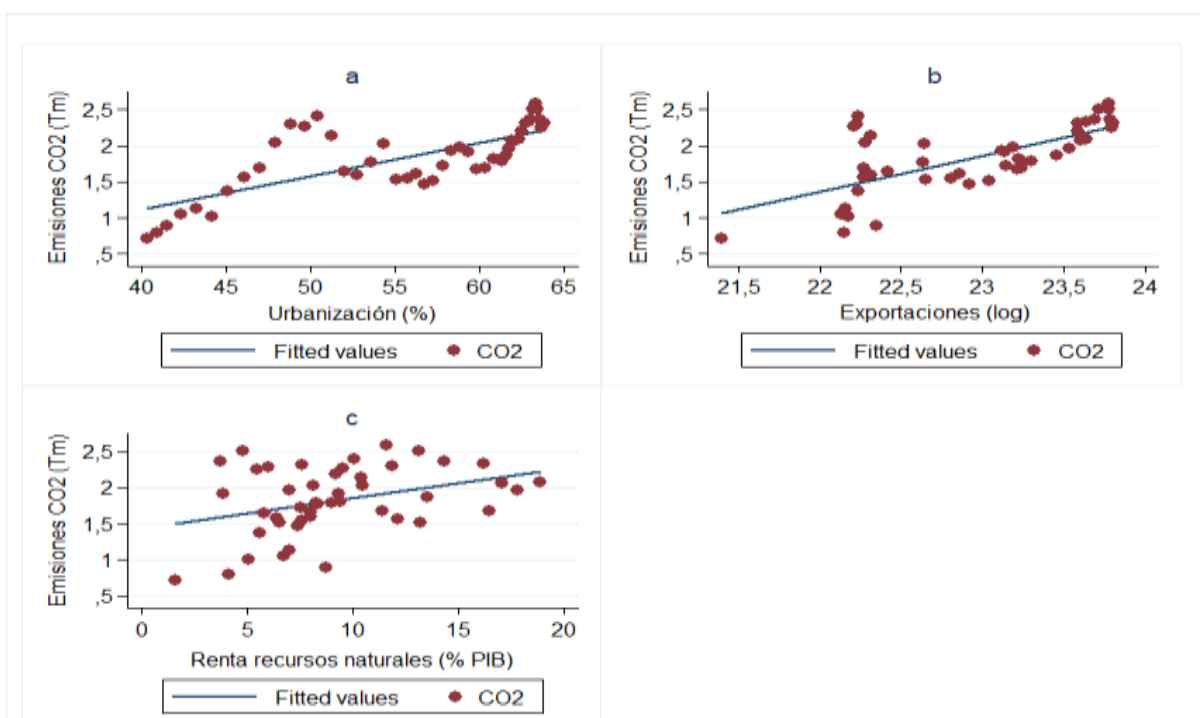
Sin embargo, representa un problema ambiental, principalmente en provincias de Guayas y Pichincha, siendo Guayas donde más cantidad de residuos sólidos produce por habitante (1,04 kg), resaltando que, el problema sobre el manejo final de los residuos sólidos es evidente en la Costa, pues la mayor cantidad de basura termina en botaderos (38,1%) (INEC, 2018). A esto se le añade la contaminación por transporte, para el 2018 el 60,20% de la población urbana hace uso de transporte público, y 24,50% hace uso de vehículos particular, de estos últimos, el 47,80% de los hogares usan principalmente gasolina extra como combustible para sus vehículos, seguidos de ecopaís (29,60%), súper (18,20%) y diesel (6,90%) (INEC, 2019a).

Seguidamente, podemos observar en el panel (b) que las exportaciones también generan un aumento de las emisiones de CO₂. Como bien sabemos, a lo largo de la historia se mantiene un patrón de crecimiento concentrado en las exportaciones de petróleo y productos agrícolas generando gran parte de las divisas del país. En el año 2014, la producción total de energía primaria fue de 227 210 kBEP, de los cuales 88,50% correspondió a la producción de petróleo del cual el 76% se destinó a exportación, el 10% restante se distribuye entre gas natural, hidroenergía y productos de caña y leña, así mismo, la producción total de energía secundaria se ubicó en 69 327 kBEP, desagregada en los siguientes rubros: electricidad, diesel, gasolinas y naftas, gas licuado de petróleo. Mientras que, el sector de la agricultura, es el tercer emisor de GEI a nivel nacional (18,17%) (MICSE, 2014).

De la misma manera, en el panel (c) la renta de los recursos naturales y las emisiones de CO₂ también mantiene una tendencia positiva pero menos acentuada. Como bien sabemos, la mayoría de las industrias del país pertenecen al sector primario, estas utilizan gran cantidad de recursos naturales para sus procesos productivos mediante el uso excesivo y desmedido de los mismos, pero gracias al marco jurídico relacionado con la conservación estos recursos, provoca que, la renta de los recursos naturales aumente para tratar de controlar esta situación ambiental.

Figura 5.

Correlación entre la urbanización, exportaciones, recursos naturales y las emisiones de CO₂, durante el período 1972-2018.



6.2. Objetivo específico 2

Estimar el efecto a corto y largo plazo de la industrialización sobre la contaminación ambiental del Ecuador, durante el período 1972-2018.

Como podemos observar en la Tabla 3, dentro del MCO, se consigue resaltar que, dentro del modelo uno, el impacto directo que tiene la industrialización sobre las emisiones de CO2 es positivo y estadísticamente significativo; a un aumento de mil millones de dólares en el valor agregado industrial, las emisiones de CO2 aumentan en 0,05 Tm per cápita. Sin embargo, dentro del modelo dos, al incluir el cuadrado de la industrialización, si bien el impacto es negativo, pero este, no es estadísticamente significativo, por tanto, se concluye que, la EKC en forma de U invertida no se cumple para el caso ecuatoriano, más bien se tiene una relación lineal, más no, una relación cuadrática entre ambas variables, tal como se puede evidenciar en la Figura 4, concluyendo que, el Ecuador aún se encuentran en la fase inicial de la curva ambiental de Kuznets.

Tabla 3.

Curva ambiental de Kuznets

	Modelo 1	Modelo 2
Industrialización	0,046*** (0,006)	0,108* (0,041)
Industrialización 2		-0,001 (0,001)
Constant	1,026*** (0,120)	0,497 (0,363)
Observations	47	47
Adjusted R ²	0,534	0,548

Nota. Standard errors in parentheses * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Seguidamente, se plantea un MCO, con todas las variables de control expresadas en la Tabla 4, para verificar el comportamiento y el grado de asociación entre las variables. El impacto de la industrialización sigue siendo positivo y estadísticamente significativo, un aumento de mil millones de dólares en el valor agregado industrial, provoca que, las emisiones de CO2 aumenten en 0,07 Tm per cápita. Asimismo, de manera significativa, ante un aumento del 1% del total de la población urbana, las emisiones de CO2 aumentan en un 0,08 Tm per cápita. Por otro lado, ante un aumento del 1% en el log de las exportaciones, las emisiones de CO2 disminuyen en -1,12 Tm per cápita, siendo estadísticamente significativa. De la misma forma, ante un aumento del 1% de la renta de los recursos naturales, las emisiones de CO2 aumentan

en un 0,02 Tm per cápita, sin embargo, este impacto, no es estadísticamente significativo. Además, es importante mencionar que, las variables explicativas del modelo, en su conjunto, explican en un 67,3% (R^2) las variaciones de las emisiones de CO₂.

Tabla 4.

Estimación del MCO y MCO corregido mediante el test Newey-West.

	MCO	Newey-West
Industrialización	0,065 ^{***} (0,01)	0,065 ^{**} (0,019)
Urbanización	0,078 ^{***} (0,0176)	0,078 ^{***} (0,020)
Log exportaciones	-1,120 ^{***} (0,283)	-1,120 [*] (0,482)
Renta de los recursos naturales	0,017 (0,011)	0,017 (0,009)
Constante	21,930 ^{***} (5,529)	21,930 [*] (9,763)
Observations	47	47
Adjusted R^2	0,673	

Nota. Standard errors in parentheses by ^{*} $p < 0.05$, ^{**} $p < 0.01$, ^{***} $p < 0.001$

Una vez estimado el MCO, mediante las pruebas de diagnóstico, se comprueba que, no existen problemas de multicolinealidad, las variables no se encuentran altamente correlacionadas entre sí (Anexo 1), por otro lado, los errores no son constantes en la muestra, es decir, se presentan problemas de heterocedasticidad (Anexo 2 y 3), Asimismo, los errores se encuentran distribuidos normalmente (Anexo 4), Por el contrario, la estimación si presenta problema de autocorrelación (Anexo 5). Para corregir estos problemas, se aplica el test de Newey-West, que se puede observar en la parte derecha del modelo planteado en la Tabla 4, donde tanto en ambos modelos se mantiene un nivel de significancia aceptable, con solo pequeñas variaciones de los términos de error, ajustando de mejor manera los errores de la variable de la renta de recursos naturales.

Consecutivamente, con la finalidad de determinar la relación a largo plazo entre las variables del modelo, mediante las pruebas de raíces unitarias (véase Anexo 6) se obtuvo mediante la prueba de Dickey & Fuller (1979) contrastada con la prueba de Phillips & Perron (1988) que, las emisiones de CO₂, el valor agregado industrial y, el logaritmo de las exportaciones presentó problemas de raíces unitarias, puesto que, el valor estadístico calculado es menor al valor crítico (5%). Para ello, se aplicó primeras diferencias, sin embargo, la variable

urbanización aún presenta problemas de estacionalidad. Consecuentemente, se aplica segundas diferencias tanto al valor agregado industrial, las emisiones de CO₂, la población urbana, el logaritmo de las exportaciones y la renta de los recursos naturales. Con ello, se pierde el componente tendencial de las variables, dado el nivel de significancia del 5%, convirtiéndose en vectores de integración de orden II (véase Anexo 7 y 8).

Una vez corregido el problema de estacionariedad, se procede a calcular la longitud del rezago óptimo mediante el criterio de información de Akaike [IAC] (1974) y el criterio de información de Hannan & Quinn [HQIC] (1979), los cuales sugieren que, se deben emplear cuatro rezagos óptimos (véase Anexo 9). Seguidamente, mediante la prueba de Johansen (1988) se puede evidenciar que existe hasta 4 vectores de cointegración dado el nivel de significancia del 1%, es decir, las variables se mueven de manera conjunta y simultánea en el largo plazo, o también conocida como relación a largo plazo (véase Anexo 10).

Seguido de un análisis de sensibilidad de los tests anteriores con la finalidad de comprobar si el modelo a estimar es el adecuado, y la prueba de estabilidad (véase Anexo 11) se procede a efectuar el modelo VAR evidenciado en la Tabla 5, se concluye que, existe una relación a largo plazo entre las emisiones de CO₂, el valor agregado industrial, la población urbana, el log de las exportaciones y la renta de los recursos naturales, puesto que su prob>chi² es estadísticamente significativa (0,000) dado el nivel de significancia del 5%. Además, mediante el coeficiente de determinación o R-cuadrado (R-sq) se concluye que, la industrialización explica en un 80% las variaciones de CO₂, lo mismo sucede con la renta de los recursos naturales que explican en un 72% las variaciones de emisiones de CO₂.

Dado los 4 rezagos, en palabras, podemos concluir que, el nivel de emisiones de CO₂ actual en el país, dependen de la industrialización pasada, dado que, como bien hemos mencionado, el Ecuador ha tenido un crecimiento económico ligeramente lento, con una especialización productiva en unos pocos bienes e intensivos en recursos naturales provocando una mayor contaminación. Asimismo, la baja intensidad en tecnologías limpias y de calidad provoca que se sigan aumentando estas emisiones, a pesar de los esfuerzos por parte del Gobierno para hacer frente a este problema ambiental. Por otro lado, las emisiones de CO₂ actuales también dependen de la urbanización, las exportaciones y la renta de los recursos naturales rezagadas, puesto que, en cuanto a la aglomeración urbana con el paso del tiempo ha generado una mayor cantidad de residuos, así como el uso intensivo de vehículos pequeños y buses, principalmente en las ciudades grandes como: Quito, Guayaquil, Cuenca, Ambato.

De la misma forma, las exportaciones y las emisiones de CO2 se relacionan a largo plazo, puesto, dado que, desde 1972 con el inicio de la Revolución Industrial, junto con el boom petrolero, la falta de objetividad de las políticas industriales y de crecimiento básicas y algunas de forma aislada, provocaron que la estructura económica exportadora del país dependa del sector primario, la misma que ha tenido un crecimiento del 16%, debido principalmente por el aumento de las ventas de petróleo, camarón y flores en 2018. Por último, existe una relación a largo plazo entre las emisiones de CO2 y la renta de los recursos naturales, para su posible recaudación fiscal, si éstas emisiones disminuyen la renta de estos recursos también serán menores, por el contrario, si aumenta las emisiones de CO2, paralelamente esta renta también aumentará.

Tabla 5.

Modelo de Vectores Autorregresivos (VAR).

Variab les	Parms	RMSE	R-sq	chi2	P>chi2
Emisiones CO2	21	0,199	0,632	57,739	0,000
Industrialización	21	6,50E+08	0,808	172,433	0,000
Urbanización	21	0,035	0,704	77,083	0,000
Exportaciones	21	0,066	0,815	135,748	0,000
Renta de recursos naturales	21	3,816	0,738	115,252	0,000

Posteriormente una vez determinada la relación a largo plazo, para comprobar la relación a corto plazo entre las emisiones de CO2, el valor agregado industrial, el porcentaje de la población urbana, el log de las exportaciones y la renta de los recursos naturales, se analiza el modelo de corrección de error (VEC), planteado en la Tabla 6. Se muestra, el estadístico ECT_(t-1) que recoge los errores rezagados de cada una de las variables siendo estadísticamente significativo, donde, su probabilidad (0,000) es menor al nivel de significancia del 5% e implica un equilibrio a corto plazo entre las variables planteadas del modelo.

Es decir, la industria a corto plazo se relaciona con las emisiones de CO2, puesto que, cualquier actividad industrial va a provocar un efecto negativo sobre el medio ambiente inmediato; en el Ecuador, la mayoría de la producción es del sector primario y de explotación, con la utilización a gran escala del sector energético, principalmente para transporte y manufactura, uso de químicos en la agricultura, entre otros, que provocan mayores emisiones de CO2 en el corto plazo. En el 2019, en el conjunto de grandes y medianas empresas el 95,43% generaron desechos peligrosos, de éstas el 40,17% conoce la

cantidad generada, por tanto, en total, las empresas reportan que generaron 1.261.277,21 toneladas de desechos peligrosos (INEC, 2021).

Asimismo, se pueden enumerar diversos daños ambientales a corto plazo, afectan, primero al aire, debido a la alta concentración de material particulado, la falta de tratamiento de los gases producidos por los vehículos, la combustión domiciliaria, algunos procesos industriales, a esto se le añade el rápido crecimiento de la densidad demográfica urbana que coadyuda a este problema, puesto que, no se tratan de manera eficiente los residuos provocados por la población, del mismo modo, afecta el agua, provocado por la disposición ineficaz de los residuos químicos en diversas industrias, aunado a la contaminación generada por los derrames de petróleo, provocando la contaminación de ríos y lagos; tercero, afecta al suelo, debido a la quema de residuos orgánicos que produce gases altamente tóxicos; además, con el uso de plaguicidas químicos, se inicia una cadena de alta contaminación, extendiéndose hacia los terrenos donde se ubican los cultivos, todo esto, genera en su conjunto mayores emisiones de CO₂.

Tabla 6.

Modelo de corrección de error (VEC).

Beta	Coef.	Std. Err.	Z	P>z	[95% Conf. Intervall]	
_ce1						
Emisiones CO2	1	.	.	.	.	.
Industrialización	-2,50E-09	3,75E-10	-6,660	0,000	-3,23E-09	-1,76E-09
Urbanización	-13,519	5,327	-2,540	0,011	-23,960	-3,077
Log exportaciones	-3,200	3,166	-1,010	0,312	-9,406	3,005
Renta de recursos naturales	-0,068	0,069	-0,980	0,329	-0,203	0,068
ECT _(t-1)	-0,175	0,009	-19,550	0,000	-0,192	-0,157
_cons	-0,905	.	.	.	.	.

6.3. Objetivo específico 3

Estimar el nexo causal entre la industrialización y la contaminación ambiental del Ecuador, durante el período 1972-2018.

En la Tabla 7, se puede observar la causalidad de cada una de las variables, dado el nivel de significancia del 5%, se concluye que, existe un nexo causal unidireccional que va desde la industrialización hacia las emisiones de CO₂, la urbanización y las exportaciones. En otras palabras, la industrialización causa emisiones de CO₂. Además, de una relación bidireccional entre la industrialización y la renta de recursos naturales; entre las exportaciones y las

emisiones de CO₂; entre las exportaciones y la renta de recursos naturales; y entre la urbanización y las exportaciones. Como bien hemos mencionado, la economía ecuatoriana centra sus actividades económicas en el sector de extracción de recursos naturales, así como la participación de la industria manufacturera, las mismas que, provocan desequilibrios en el nivel de emisiones de CO₂ del país.

Así como también, la industrialización provoca mayores tasas de urbanización, puesto que, debido a la complejidad económica industrial y el crecimiento de las industrias, se requiere de más capital humano, por tanto, la mayor parte de la población migra hacia los polos de desarrollo, en este caso, Quito, Guayaquil, Cuenca y Ambato, donde el desarrollo económico industrial es mucho más dinamizado, en busca de mejores condiciones de vida. Por otro lado, la industrialización causa las exportaciones, debido al mundo globalizado en el que vivimos, la mayoría de países mantienen relaciones comerciales amplias, nuestro país, por ejemplo, mantiene relaciones comerciales principalmente con China y EE. UU, que le permite exportar productos industrializados, y materia prima principalmente.

Tabla 7.

Prueba de causalidad de Granger

Ecuación		Excluido	chi2	Prob> chi2	Conclusión
Industrialización	→	Emisiones CO ₂	12,264	0,015	Existe relación causal
Industrialización	→	Urbanización	17,858	0,001	Existe relación causal
Industrialización	→	Exportaciones	41,930	0,000	Existe relación causal
Industrialización	→	Renta recursos naturales	50,858	0,000	Existe relación causal
Renta recursos naturales	→	Industrialización	30,150	0,000	Existe relación causal
Exportaciones	→	Emisiones CO ₂	12,591	0,013	Existe relación causal
Emisiones CO ₂	→	Exportaciones	10,670	0,031	Existe relación causal
Exportaciones	→	Renta recursos naturales	27,942	0,000	Existe relación causal
Renta recursos naturales	→	Exportaciones	15,067	0,005	Existe relación causal
Urbanización	→	Exportaciones	19,958	0,001	Existe relación causal
Exportaciones	→	Urbanización	12,401	0,015	Existe relación causal

De la misma forma, las exportaciones provocan las emisiones de CO₂ con una relación causal bidireccional; en la década de los 90 gracias a la implementación de un modelo económico basado en la liberalización económica, se logra que, el Ecuador implante una serie

de políticas de apertura y desregulación comercial y medidas encaminadas a fortalecer el aparato exportador ecuatoriano (Muñoz-Vélez, 2000). Sin embargo, desde ese entonces hasta la actualidad, esta estructura exportadora no ha tenido grandes, la misma que, se mantiene concentrada en la exportación de productos primarios y de explotación, con poca diversificación de la oferta exportable, en términos ambientales, esta dependencia, en presencia de distorsiones de mercado, falta de marcos regulatorios y tecnologías apropiadas, conduce a la explotación recurrente ineficiente de los recursos naturales, lo que se traduce en un mayor deterioro ambiental.

Por tanto, estas exportaciones causan la renta de los recursos naturales principalmente de la renta de petróleo, gas natural, renta mineral y forestal, puesto que, como bien hemos mencionado, la base exportadora de la industria para el Ecuador todavía se sesga hacia el sector primario de baja tecnología y de explotación principalmente de petróleo, minería, lo que provoca la recaudación fiscal del uso intensivo de estos recursos y viceversa, adicionalmente, el papel que juegan los recursos naturales es de importancia fundamental para explicar el comercio internacional, la dotación de recursos provoca que los países tienden a especializarse, y a exportar bienes en lo que se tiene una ventaja comparativa, claro ejemplo las economías latinoamericanas, como Ecuador, según el Banco Central del Ecuador [BCE] (2019) las exportaciones primarias fueron de \$ 17.823.470 miles de dólares que incluyen petróleo crudo, banano y plátano, café, camarón, cacao, madera, atún, pescado, flores y otros. Asimismo, la industrialización causa la renta de los recursos naturales y viceversa, debido al uso de los mismos, para la producción de bienes y servicios.

7. Discusión

En la presente sección, se contrastan los resultados de la investigación y la literatura previa, enfocada por cada objetivo específico, detallados a continuación.

7.1. Objetivo específico 1.

Analizar la evolución y correlación de la industrialización y la contaminación ambiental del Ecuador, durante el período 1972-2018.

Entre los resultados de la presente investigación se encontró que, la industrialización ha experimentado un crecimiento a un ritmo lento, en la actualidad, en el Índice General de Competitividad Mundial 2018, Ecuador ocupa el puesto 86 entre 140 países, en el componente de "Dinamismo Empresarial", el país ocupa el puesto 129, detrás de Colombia, Perú, Costa Rica, Uruguay y otros, lo mismo ocurre con la capacidad de innovar en el sector empresarial, que ocupa el puesto 88 (Foro Económico Mundial, 2018), esto debido a la falta de cultura empresarial, ya que, una parte importante de estas empresas mantiene una estructura de capital cerrado, esencialmente familiar, y sus acciones no se transan en las bolsas de valores, lo que limita nuevas inversiones para ampliar la producción, a esto, se le suma, la poca iniciativa de diseño industrial que provoca también este déficit competitivo en un marco internacional.

Según Martín-Mayoral (2008) alude que, desde la década de 1950, Ecuador ha experimentado profundos cambios económicos basados en los patrones de producción y exportación de banano, en 1972, el descubrimiento de yacimientos de petróleo impulsó al país al mercado internacional, estas dos actividades, permiten al país acceder a recursos sustanciales para financiar el ansiado proceso de desarrollo económico y social, sin embargo, no se sentaron las bases para un desarrollo endógeno, lo que abrió la puerta a políticas de ajuste neoliberal que priorizaron el mercado en detrimento del Estado y, en última instancia, tuvieron resultados sociales negativos.

En segundo lugar, este aumento de las emisiones de CO₂ a lo largo del tiempo, se debe a que, en primer lugar, la economía ecuatoriana se estratifica en su mayoría al sector primario y de explotación añadido a un nivel tecnológico bajo, en el que, los sectores que más generan emisiones de CO₂ son el sector de la energía, el USCUS, las centrales eléctricas y las refinerías, por ello, los esfuerzos son mayores en el sector energético. Más de la mitad de energía proviene de los generadores termoeléctricos aportando un 59,56% en 2018 siendo más contaminantes que las propias hidroeléctricas, las mismas que aportan el 37,16% del

total de energía. En promedio, en los últimos 18 años, esta energía basada en combustibles fósiles, solamente el 36% termina siendo electricidad (INEC, 2019), esto nos lleva considerar no solamente en reducir las emisiones de CO₂, sino también en mejorar la eficiencia energética.

Asimismo, Carrión (1999) hace mención a que, el proceso de urbanización, data desde el período colonial, enmarcados en dos etapas, la primera, la etapa de dominio colonial, denominada como conformación urbana por la fundación Quito por ser centro principal de la Audiencia de Quito y Cuenca como centro minero, como centros de control y de desarrollo regional en la producción de manufactura textil, minera y agropecuaria, las mismas que respondían a requerimientos impuestos de mano de obra durante la época, la segunda, denominada propiamente proceso de urbanización, inició con la descolonización y se intensificó con la constitución del Estado ecuatoriano moderno al final de la guerra civil en 1895, con formas capitalistas de producción e intercambio basadas en patrones agroexportadores, Quito, Guayaquil y Cuenca, aceleraron la construcción de obras de infraestructura, redes viales y ferroviarias, provisión de servicios y equipamientos básicos, lo que llevó a una creciente integración de los sistemas urbanos.

A partir de este nuevo modelo, la urbanización durante 1972-2018 ha tenido un aumento considerable, esto se contrarresta con la investigación realizada por Castro-Herrera & Miranda (2021), el cual, alude que, en el país, donde el 39% de la población vivía en espacios urbanos en 1990 aumentaron al 61% y 63% de la población total, a principios del siglo XX y entre 2001 y 2010 respectivamente, esta drástica reducción de la población rural es parte del severo impacto que la crisis y otros factores descritos. De otro modo, Mejía-Juárez (2020) en su estudio sobre la evolución y morfología de la urbanización para el Ecuador durante el período 1992-2019, afirma que, el boom petrolero en 1972, hace que, Quito se convierta en el centro de comercialización petrolera consolidando así, el proceso de urbanización bicefálico a nivel nacional, que juntamente con Guayaquil requieren de población y capital, que a su vez supone un incremento de las desigualdades territoriales y una desarticulación con el resto de centros urbanos (Perrone, 2012).

De la misma forma, las exportaciones han ido en un constante aumento, en la actualidad, según el Informe de Gestión-Rendición de cuentas, en 2018, PetroEcuador logró ingresos por US\$11.647 millones, un incremento interanual del 22,4%, la exportación de petróleo y derivados fue de US\$ 7.707 millones, las ventas internas de derivados de US\$ 3.890 millones

y las ventas de gas natural de US\$ 37 millones, siendo uno de los ingresos más importantes de las empresas públicas, siendo un pilar fundamental para la economía ecuatoriana. Por otro lado, la renta de los recursos naturales también ha ido en un considerable aumento debido a que tal como se menciona, el Ecuador al ser un país extractivista sin una matriz productiva históricamente que no sea sesgada hacia explotación de recursos naturales, evidentemente esta renta va aumentando con el pasar de los años.

Seguidamente, se tiene una correlación positiva entre el valor agregado industrial y las emisiones de CO₂. A nivel nacional según el INEC (2021), en 2018, solamente el 7,77% de las empresas cuenta con licencia ambiental, y, las actividades con las tres mayores proporciones de licencias ambientales son: suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado (34,72%), explotación de minas y canteras (41,66%); y manufactura (22,75%); mientras que, el 74,42% de empresas no cuentan con ningún tipo de permiso ambiental, donde las actividades de alto impacto ambiental con las cuatro mayores proporciones de empresas sin ningún tipo de permiso ambiental son: construcción (74,08%); servicios (75,72%); actividades de alojamiento y servicio de comidas (52,23%), y actividades de atención de la salud (47,36%), dada estas últimas, estas tienen mayor libertad sin ningún tipo de restricción para contaminar más, así como también la no aplicación de sanciones o multas ambientales, provocando altos niveles de emisiones de CO₂.

Sin embargo, pese a la poca proporción de empresas que cuenten con licencias ambientales, es importante mencionar que, según el Módulo de Información Económica Ambiental en Empresas, publicado por el INEC (2022), las empresas del Ecuador invirtieron en bienes y servicios ambientales más de 36 millones de dólares, a nivel nacional en 2020, el 40,6% de empresas; 9,2% más respecto al 2019, tuvieron gastos corrientes en actividades de protección ambiental y gestión de recursos naturales, donde, el mayor número de empresas con estos gastos (94,0%), pertenece al sector de explotación de minas y canteras, seguido del sector de actividades de atención a la salud humana, distribución de agua y suministro de electricidad (92,7%), contrarrestando en gran medida el impacto ambiental que provocan dichas actividades.

Asimismo las exportaciones y las emisiones de CO₂ tienen una correlación positiva, dentro del mercado internacional de 2002 a 2019, las exportaciones fueron principalmente de productos derivados del petróleo (49% del total), seguidos de los productos tradicionales, como el banano, el camarón, el cacao, el pescado y el café, que supusieron el 25,82% del

total, es decir, el 75% del total de ingresos por productos de exportación proviene de productos primarios con poco valor agregado, esta dependencia de este sector, provoca mayores emisiones de CO₂ en el país (Campaña, 2018). Por otro lado, la renta de los recursos naturales tiene una correlación positiva con las emisiones de CO₂.

7.2. Objetivo específico 2

Estimar el efecto a corto y largo plazo de la industrialización sobre la contaminación ambiental del Ecuador, durante el período 1972-2018.

En primer lugar, en lo que respecta a la EKC, los resultados muestran que no existe tal comportamiento en forma de U invertida entre la industrialización y las emisiones de CO₂ para el Ecuador. De la misma manera, según Laverde-Rojas et al. (2021) mediante la utilización de técnicas de cointegración para el periodo 1971-2014, afirma que, para países en desarrollo como Colombia no se cumple la EKC debido a que la complejidad económica como proxy del volumen de producción asociada al sector primario es baja con respecto al sector industrial, estando relacionado con la propia producción estatal y la rigidez institucional. Del mismo modo, Dogan & Inglesi-Lotz (2020) en su estudio para países europeos durante el período 1980-2014, afirma que, la EKC no se confirma. Adicionalmente, según Wang et al. (2017) indica que, esta validez de la hipótesis EKC varía según los sectores de la industria y el sector donde se ubique.

Por ejemplo, en base en los datos de panel de 1998 a 2014, Xu & Lin (2017) encontró las industrias de alta tecnología tienen un impacto no lineal en forma de U invertida en las emisiones de CO₂ en la región oriental, y un impacto no lineal positivo en forma de U en las regiones central y occidental de China, debido a la atención prestada en el desarrollo de políticas ambientales en cada una de las tres regiones. Asimismo, Gamboa-Montero (2021) en su estudio para el Ecuador, alude que, el aumento de las unidades industriales, añadida, el consumo de energía, y la población influyen positivamente sobre las emisiones de CO₂, además de existir una relación creciente de la actividad industrial hasta un punto de inflexión, a partir del cual, altos niveles de per cápita se relacionan con una paulatina reducción de las emisiones de CO₂, comprobándose así la EKC. Para países desarrollados también se cumple esta hipótesis, tales son las investigaciones realizadas por Du et al. (2018); Zhang et al. (2019).

En base a los resultados de la estimación por MCO, se encontró que, la industria tiene un efecto positivo sobre las emisiones de CO₂, un aumento de mil millones de dólares en el valor agregado industrial, las emisiones de CO₂ aumenta en 0,07 Tm per cápita, contrarrestado por la investigación realizada por Tian et al. (2018) quienes aseveran que, las industrias aumentan las emisiones de CO₂ debido a la extensión de la cadena industrial en China. De igual manera, según Wang & Feng. (2018) hace énfasis en el crecimiento de la producción industrial. Incluso, Zhang et al. (2018) añade la construcción y las industrias tradicionales intensivas en carbono como la fabricación y la minera relacionadas con los recursos, los sectores que más emiten CO₂ en China. Asimismo, Ling & Wang (2022), mediante la aplicación de técnicas GMM a datos de panel para 30 provincias de China, confirman que, la entrada de industrias secundarias tiene un efecto positivo en la intensidad de carbono, y este efecto es más fuerte en la región central.

No obstante, en investigaciones realizadas se encuentra un efecto negativo de la industrialización sobre las emisiones de CO₂, tal es el caso, de la investigación realizada por Hang et al. (2019) para China durante el período 1995-2015 utilizando el método (PDA-IDA) indicando que, existe una tendencia de desarrollo de desacoplamiento entre el valor agregado industrial y las emisiones de CO₂, pero que, sin embargo, el progreso tecnológico tienen un impacto relativamente pequeño en el desacoplamiento. No obstante, la investigación realizada por Fang et al. (2020) para 283 ciudades chinas desde el 2003 al 2013 mediante modelos espaciales, alude que, las aglomeraciones industriales disminuyen la contaminación por smog, debido al efecto indirecto de la tecnología. También, lo afirma Zhang et al. (2021); Luo et al. (2020).

Asimismo, dentro de las variables de control, tenemos a la urbanización, que mantiene una relación positiva con las emisiones de CO₂, ante un aumento del 1% del total de la población urbana, las emisiones de CO₂ aumentan en un 0,03%. Por el contrario, con la investigación realizada por Vaca & Cartuche (2018) quienes, al realizar un análisis para 141 países, aseveran que no existe evidencia de EKC en forma de U invertida entre la urbanización y emisiones de CO₂ para países de ingresos altos, pero sí, para países de ingresos bajos, puesto que, al tener un crecimiento demográfico mucho más lento, se ejecutan políticas enfocadas en una mayor nivel de educación, regulación de las industrias y la implementación de una matriz productiva en base al uso de tecnologías sustentables y amigables con el medio ambiente, basadas en la teoría de Kuznets.

Seguidamente, las exportaciones tienen un impacto negativo significativo sobre las emisiones de CO₂. Del mismo modo, Rahman et al. (2021) encontró un efecto negativo de las exportaciones sobre las emisiones de CO₂ para países recientemente industrializados. Sin embargo, Ritcher & Schiersch (2017) discrepan tal postura, en un estudio realizado para países desarrollados como Alemania, donde se muestra una relación positiva sobre la intensidad de las exportaciones y las emisiones de CO₂. Mismo efecto para la India, donde Barrows & Ollivier (2021) menciona que, el crecimiento de la demanda externa aumenta el crecimiento de las emisiones de CO₂ a nivel de empresa. Por otro lado, ante un aumento del 1% de la renta de los recursos naturales, las emisiones de CO₂ aumentan en un 0,02 Tm per cápita, este resultado, se contrarresta con la investigación realizada por Badeeb et al. (2020) donde afirma que, para países con dependencia en recursos naturales, afirman que, no se cumple la EKC, estando en la fase inicial de la curva.

Siguiendo con el análisis, los resultados arrojados por el modelo VAR y VEC demuestran que, existe una relación a largo y corto plazo entre las variables respectivamente. Sikder et al. (2022) en su investigación para países en desarrollo durante 1995-2018 mediante el enfoque ARDL para probar la cointegración y relación a corto y largo plazo, con datos panel alude que, existe una relación a largo plazo entre la industrialización, la urbanización y las emisiones de CO₂, donde las estimaciones de los parámetros a largo plazo indican que un aumento del 1% en la industrialización y la urbanización aumentan las emisiones de CO₂ en un 0,54 % y 2,32 %, respectivamente. Mismo efecto encontrado por Liu & Bae (2018) en su estudio para China, donde, un aumento de 1% la industrialización y la urbanización aumentan las emisiones de CO₂ en 0,3 % y 1,0 %, respectivamente. También, Adam & Klobodu (2017); Ramos & Jumbo (2018); Kirikkaleli & Kalma (2020), concluyen que, la urbanización y las emisiones de CO₂ están cointegradas.

Haciendo énfasis a las exportaciones, Mania (2020) examina el efecto de la diversificación de las exportaciones sobre las emisiones de CO₂ bajo la hipótesis de la EKC para 98 países desarrollados y en desarrollo durante el periodo 1995-2013 mediante GMM para la estimación a corto plazo, y grupo de media agrupada para largo plazo, concluyendo que, la EKC es válida, y que, la diversificación de las exportaciones tiene un efecto positivo en las emisiones de CO₂. De la misma forma, lo afirma Can et al. (2020). Por otro lado, Shahbaz et al. (2017) mediante las pruebas de cointegración de panel de Pedroni y Westerlund, encuentran que, la apertura comercial y las emisiones de CO₂ están cointegradas en el largo

plazo, esta apertura, obstaculiza la calidad ambiental para los grupos globales de ingresos altos, medios y bajos, pero el impacto varía entre estos diferentes grupos de países.

Por otro lado, Ecuador al depender en más del 50% del petróleo, se mantiene una relación tanto a corto y largo plazo con la renta de recursos naturales y las emisiones de CO₂. Esto se corrobora según la investigación realizada por Joshua & Bekun (2020). Asimismo, Agboola et al. (2021) durante el período 1972-2016 para Arabia Saudita, uno de los principales exportadores de petróleo, mediante la prueba de Pesaran Bounds, se demostró que, existe una relación de largo plazo entre la renta petrolera, la renta de los recursos naturales, el crecimiento económico y las emisiones de CO₂, con una relación positiva significativa entre la renta total de recursos naturales del país y las emisiones de CO₂ a corto y largo plazo, esto sugiere que, una dependencia excesiva de las rentas de los recursos naturales puede afectar la sostenibilidad ambiental de Arabia Saudita si se ignoran las opciones de conservación y gestión.

Mismo efecto encontrado por Ni et al. (2022); Jian et al. (2022), este último añade que, los indicadores indirectos de los recursos naturales para las exportaciones de combustible, metales y minerales también tienen efectos positivos en las emisiones de CO₂ en el largo plazo. Sin embargo, Tufail et al. (2021) en su investigación para datos de panel de siete países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) utilizando la prueba de Westerlund y el modelo de rezago distributivo autorregresivo transversal, confirman que, la descentralización fiscal y la renta de los recursos naturales reducen las emisiones de CO₂, pero esto, gracias a la calidad institucional con la que se manejan estos ingresos fiscales.

Del mismo modo, mediante el modelo rezagado QARDL Huang et al. (2021) indican que, la renta de recursos naturales (0,102) y urbanización (0,489) tienen un impacto positivo en la degradación ambiental en la región de EE. UU a largo plazo, además, para el corto plazo, los valores pasados y rezagados de las emisiones de CO₂, la renta de los recursos naturales y la urbanización están determinando los valores actuales de las emisiones de carbono, por tanto, para esta economía, se requieren acciones inmediatas para controlar el efecto nocivo que causan la renta de los recursos naturales y la urbanización sobre el medio ambiente, ejerciendo así, una mayor presión ambiental sobre estas economías y contrarrestar estos efectos negativos sobre el medio ambiente.

7.3. Objetivo específico 3

Estimar el nexo causal entre la industrialización y la contaminación ambiental del Ecuador, durante el período 1972-2018.

Dado los resultados, existe un nexo causal unidireccional entre la industrialización y las emisiones de CO₂. Esto, se contrarresta, con el estudio realizado por Wu et al. (2021) para 18 economías a nivel mundial, encontrando una asociación causal unidireccional a corto plazo, que va desde la estructura industrial, el PIB per cápita y la intensidad energética hacia las emisiones de CO₂. De la misma forma, Minlah & Zhang (2021), teniendo en cuenta el PIB, se evidencia un efecto positivo sobre las emisiones de CO₂. Asimismo, Rosales et al. (2017) encuentra un vínculo unidireccional para el caso de Ecuador. Igualmente, Iglesias et al. (2015) para países desarrollados como EE. UU, encuentra una causalidad unidireccional entre la producción de bienes y servicios hacia las emisiones, debido a su economía a escala que posee. Sin embargo, Aslam et al. (2021b) en su estudio para China, encontró un vínculo causal bidireccional entre las emisiones de CO₂ y la industrialización, pero una relación unidireccional entre la densidad de población y la estructura de apertura comercial, respectivamente.

Por otro lado, Aller et al. (2021); Rahman & Kashem (2017) encuentran una causalidad unidireccional entre industrialización y emisión de CO₂, es decir el desarrollo industrial tanto de China como Bangladesh respectivamente se realiza a expensas de la calidad ambiental. Del mismo modo, Aslam et al. (2021a) para Malasia durante el período 1971-2016 afirma la existencia de causalidad unidireccional que va desde la industria, la apertura comercial hacia las emisiones de CO₂. De igual forma, haciendo relación a los recursos naturales no se encontró ninguna relación causal con las emisiones de CO₂. Por el contrario, Shehzad et al. (2022) en su estudio para Argelia se muestra, una relación unidireccional que va desde la renta de los recursos naturales hacia las emisiones de CO₂. Por el contrario, Flores & Alvarado (2022) encontraron una relación bidireccional entre la renta de los recursos y emisiones de CO₂, debido al uso de fuentes convencionales a partir de combustibles fósiles para el Ecuador.

De la misma manera, You et al. (2022) utilizando datos de panel de 95 países para el período 1996–2015, demuestra que, existen causalidades bidireccionales entre el crecimiento económico, la complejidad económica y las emisiones de CO₂ de todos los grupos de países. Asimismo, Iglesias et al. (2015) para países desarrollados como EE. UU, encuentra una

causalidad unidireccional entre la producción de bienes y servicios hacia las emisiones, debido a su economía a escala que posee. Además, se comprueba una causalidad unidireccional entre la industrialización y la urbanización. Sin embargo, según Asumadu-Sarkodie & Owusu (2017) para Rwanda mediante el empleo de una serie de datos de tiempo que abarca desde 1965 hasta 2011, la evidencia de la causalidad de Granger muestra una causalidad unidireccional que va de la industrialización al PIB per cápita, de la población a las emisiones de dióxido de carbono, de la población al PIB per cápita y de la población a la industrialización.

Ramos & Jumbo (2018) en su estudio para 97 países agrupados por niveles de ingresos desde 1980-2016, evidenciaron que, existe una relación bidireccional entre la apertura comercial y las emisiones de CO₂, debido a que la expansión del comercio requiere de unidades industriales para su desarrollo, por tanto estas requieren de mayores recursos energéticos, siendo estos los principales contaminantes, sin embargo estas emisiones per cápita varían dependiendo del nivel de desarrollo de los diferentes países. No obstante, en el estudio realizado por Yang et al. (2021) para China, se evidenció una relación causal unidireccional que va desde la apertura comercial hacia las emisiones de CO₂, añadiendo también variables como el desarrollo financiero y la urbanización, las mismas que, causan contaminación ambiental. También, Rahman (2017) en su estudio para un panel de 11 países asiáticos durante el período 1960-2014, encontró que, existe una causalidad de panel de Granger unidireccional a corto plazo que va desde el consumo de energía, el PIB y las exportaciones hacia las emisiones de CO₂.

También, se encontró una causalidad unidireccional entre la industrialización y la exportación de bienes y servicios. Este resultado, se contrarresta, con la investigación realizada por Dhiman & Sharma (2019) para la India, encontró una causalidad unidireccional entre la industria textil y las exportaciones, siendo uno de los sectores más representativos de este país. Sin embargo, Strovic (2018) para datos panel a nivel mundial, desde 1995 a 2015 encuentra una causalidad bidireccional entre la producción económica y las exportaciones. Asimismo, se encontró una relación causal entre la urbanización y exportaciones, contrarrestando con el estudio de Mendez (2021), donde, examinó el vínculo entre la urbanización y el crecimiento económico del Ecuador mediante series de tiempo para el período 1961-2016, donde la prueba de causalidad de Granger, mostró que, la urbanización es aquella que influye sobre el crecimiento económico, sin embargo, se necesita de una urbanización sostenible para tener un efecto positivo.

8. Conclusiones

La industrialización y las emisiones de CO₂ han tenido un crecimiento positivo para el Ecuador durante el período 1972-2018. De esta forma, a pesar de este aumento, el lento crecimiento industrial del país tiene que ver con temas relacionados a la inestabilidad económica, política y social, sumado a la falta de cultura empresarial, que ha centrado históricamente su estructura productiva hacia el sector primario y de explotación, el mismo que a su vez, ha generado un aumento considerable de las exportaciones principalmente del petróleo y productos primarios, un aumento de la renta de los recursos naturales y la urbanización, y con esto también, un aumento de las emisiones de CO₂ a lo largo del tiempo. De la misma manera, existe una correlación positiva entre la industrialización y las emisiones de CO₂, que, pese a los esfuerzos a nivel gubernamental y empresarial para hacer frente a este problema ambiental los efectos sobre el medio ambiente persisten. De esta forma, se verifica como verdadera la hipótesis de que, la industrialización y la contaminación ambiental del Ecuador han aumentado en los últimos años.

Según el MCO, se comprueba que, la industrialización tiene un efecto positivo y estadísticamente significativo sobre las emisiones de CO₂, de esta forma no se cumple la EKC para la economía ecuatoriana. Consecuentemente, el modelo VAR Y VEC permitió comprobar que, la industrialización, las emisiones de CO₂, la urbanización, las exportaciones y la renta de los recursos naturales una relación de largo y corto plazo respectivamente, siendo estadísticamente significativa para el Ecuador durante el período 1972-2018. Es decir, en el país no se cuentan con estrategias ni industriales, ni ambientales competentes y sólidas para lograr un desarrollo sostenible, lo que provoca que tanto a corto y largo plazo aún se tengan repercusiones sobre el medio ambiente. De esta forma, se verifica como verdadera la hipótesis de que, la industrialización tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la contaminación ambiental del Ecuador.

La prueba de causalidad de Granger permitió corroborar que, existe un nexo causal unidireccional que va desde la industrialización hacia las emisiones de CO₂, la urbanización y las exportaciones de bienes y servicios, y un vínculo bidireccional, entre las exportaciones y las emisiones de CO₂, es decir, la base exportadora del país representada por el sector primario y de explotación causa las emisiones de CO₂ y viceversa, debido al uso intensivo de los recursos para la producción de bienes y servicios. Además, es importante señalar que, la mayoría de empresas a nivel nacional, a pesar de los esfuerzos gubernamentales, no cuentan con licencias ambientales, contribuyendo aún más a un deterioro ambiental sin ningún tipo de

sanciones o restricciones. De esta forma, se verifica como válida la hipótesis de que existe un nexo causal entre la industrialización y la contaminación ambiental del Ecuador.

De manera general, la industrialización, aún con un crecimiento relativamente bajo, es uno de los factores determinantes de la contaminación ambiental del Ecuador, puesto que, en cada etapa histórica del sistema de capital ha cumplido un papel frente a los países del centro, formando parte de la periferia como abastecedores principales de materia prima y productos con bajo valor agregado, donde, esta matriz de producción básica determinó la base de la economía del país que persiste hasta la actualidad. Además, es importante recalcar el papel de la calidad y eficiencia institucional para la toma de decisiones en pro de un mejor desarrollo económico.

9. Recomendaciones

Debido a la debilidad y fragilidad del mercado interno, con una escasa vinculación de los sectores económicos y una polarización de las actividades económicas principalmente en Quito, Guayaquil y Cuenca, el Ecuador requiere de políticas encaminadas a mejorar el diseño industrial para mejorar la competitividad a nivel de empresas frente al mercado nacional como internacional, mediante incentivos como una mayor accesibilidad a créditos con tasas de interés relativamente bajas y accesibles, para de esta manera, proporcionar confianza en los emprendedores nacionales para invertir, proveídos por banca pública y privada. Así como también fortalecer la transparencia de la institucionalidad del Estado mediante la corresponsabilidad, para que los ingresos fiscales que recibe el Gobierno se utilicen en pro del desarrollo económico sostenible. Por otro lado, también, es importante fortalecer las alianzas públicas-privadas para realizar esfuerzos conjuntos para controlar la degradación ambiental.

La economía ecuatoriana aún presenta falencias y se enfrenta a shocks internos, y externos, políticos, económicos, sociales y naturales, que juntamente con la excesiva dependencia del petróleo, termina causando desajustes y desequilibrios en la estructura económica, por ende, se debe buscar mayores inversiones públicas, para una mayor diversificación de la actividad económica y la oferta exportable mediante la inversión en capital físico y humano, considerados como factores estimulantes para una mayor productividad de la industria. Dichas políticas industriales deben ser orientadas hacia la innovación para cambiar una estructura económica simple basada en recursos naturales hacia una de productos y servicios de mayor valor agregado y contenido tecnológico que generan mayores rentas industriales y una disminución de la contaminación ambiental tanto a corto como largo plazo y dejar esa dependencia de los recursos naturales que se mantienen en la actualidad.

Seguidamente, debido a las distorsiones de mercado, falta de marcos regulatorios y tecnologías apropiadas en la matriz productiva y exportadora del país, se genera una mayor contaminación ambiental provocada por la industria debido al uso excesivo de los recursos naturales, por tanto, se necesita reforzar y fortalecer el marco jurídico e institucional de manera que, pueda ejercer una mayor presión a las empresas para que estas cuenten con licencias ambientales, utilicen tecnologías amigables con el medio ambiente, inviertan en programas ambientales, de esta manera se tendrá una mayor regulación sobre las mismas para controlar el deterioro ambiental de la economía ecuatoriana.

A nivel general, tanto el gobierno como el sector privado necesitan entender el estado de la competencia en el país y comprender los factores que la determinan para tomar acciones lo más correctas posibles. Por lo tanto, es muy importante contar con datos concretos sobre la situación competitiva en la industria, siendo, el primer paso para poder llegar a un consenso político, a fin de diseñar una política industrial efectiva que refleje el estado actual del país. Sin comprender la realidad en este sentido, no se pueden tomar decisiones acertadas y lograr un desarrollo económico sostenible en todos los ámbitos.

10. Bibliografía

- Adams, S., & Klobodu, E. K. M. (2017). Urbanization, democracy, bureaucratic quality, and environmental degradation. *Journal of Policy Modeling*, 39(6), 1035-1051.
- Agboola, M. O., Bekun, F. V., & Joshua, U. (2021). Pathway to environmental sustainability: nexus between economic growth, energy consumption, CO2 emission, oil rent and total natural resources rent in Saudi Arabia. *Resources Policy*, 74, 102380.
- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE transactions on automatic control*, 19(6), 716-723.
- Aller, C., Ductor, L., & Grechyna, D. (2021). Robust determinants of CO2 emissions. *Energy Economics*, 96, 105154.
- Armijos, J., & Lozano, E. (2021). Efectos de la inversión extranjera directa y el desarrollo financiero en las emisiones de CO2 a nivel global y por grupos de países. *Revista Económica*, 9(1), 19-34.
- Aslam, B., Hu, J., Hafeez, M., Ma, D., AlGarni, T. S., Saeed, M., ... & Hussain, S. (2021a). Applying environmental Kuznets curve framework to assess the nexus of industry, globalization, and CO2 emission. *Environmental Technology & Innovation*, 21, 101377.
- Aslam, B., Hu, J., Shahab, S., Ahmad, A., Saleem, M., Shah, S. S. A., ... & Hassan, M. (2021b). The nexus of industrialization, GDP per capita and CO2 emission in China. *Environmental Technology & Innovation*, 23, 101674.
- Asumadu-Sarkodie, S., & Owusu, P. (2017). Carbon dioxide emissions, GDP per capita, industrialization and population: Anevidence from Rwanda. *Environmental engineering research*, 22(1).
- Aziz, N., Sharif, A., Raza, A., & Jermsittiparsert, K. (2021). The role of natural resources, globalization, and renewable energy in testing the EKC hypothesis in MINT countries: new evidence from Method of Moments Quantile Regression approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(11), 13454-13468.
- Badeeb, R. A., Lean, H. H., & Shahbaz, M. (2020). Are too many natural resources to blame for the shape of the Environmental Kuznets Curve in resource-based economies?. *Resources Policy*, 68, 101694.
- Banco Central del Ecuador [BCE]. (2019). La economía ecuatoriana creció 1.4% en 2018. <https://www.bce.fin.ec/index.php/boletines-de-prensa-archivo/item/1158-la-economia-ecuatoriana-crecio-14-en-2018>
- Banco Central del Ecuador [BCE]. (s.f.). La economía ecuatoriana en 1999. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Memoria/1999/cap2.pdf>

- Banco Mundial [BM]. (2021). <https://www.bancomundial.org/es/home>
- Barrows, G., & Ollivier, H. (2021). Foreign demand, developing country exports, and CO2 emissions: Firm-level evidence from India. *Journal of Development Economics*, 149, 102587.
- Becker, R. A. (1982). Intergenerational equity: the capital-environment trade-off. *Journal of Environmental Economics and Management*, 9(2), 165-185.
- Bekhet, H. A., & Othman, N. S. (2017). Impact of urbanization growth on Malaysia CO2 emissions: Evidence from the dynamic relationship. *Journal of cleaner production*, 154, 374-388.
- Bekun, F. V., Agboola, M. O., & Joshua, U. (2020). Fresh insight into the EKC hypothesis in Nigeria: accounting for total natural resources rent. In *Econometrics of green energy handbook* (pp. 221-243). Springer, Cham.
- Boyce, J. K. (2004). Green and brown? Globalization and the environment. *Oxford Review of Economic Policy*, 20(1), 105-128.
- Bramhall, D. F., & Mills, E. S. (1966). A note on the asymmetry between fees and payments. *Water Resources Research*, 2(3), 615-616.
- Can, M., Dogan, B., & Saboori, B. (2020). Does trade matter for environmental degradation in developing countries? New evidence in the context of export product diversification. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(13), 14702-14710.
- Castro Herrera, M. P., & Miranda, H. (2021). La urbanización en Ecuador y la importancia de la planificación estatal en la creación de una ciudad intermedia (2007-2017): el caso de Milagro. *Territorios*, (44), 1-29.
- Chen, S., Jin, H., & Lu, Y. (2019). Impact of urbanization on CO2 emissions and energy consumption structure: a panel data analysis for Chinese prefecture-level cities. *Structural Change and Economic Dynamics*, 49, 107-119.
- Christaller, W. (1933). Die zentralen Orte in Süddeutschland: Eine ökonomisch-geographische Untersuchung über die Gesetzmäßigkeit der Verbreitung und Entwicklung der Siedlungen mit städtischen Funktionen. *Jena*.
- Coase, R. H. (1960). The Problem of Social Cost. *The Journal of Law & Economics*, 3, 1-44. <http://www.jstor.org/stable/724810>
- Dai, F., Yang, J., Guo, H., & Sun, H. (2021). Tracing CO2 emissions in China-US trade: A global value chain perspective. *Science of The Total Environment*, 775, 145701.
- Dales, J.H. (1968). *Pollution, Property and Prices*. Toronto: University of Toronto Press.

- Dhiman, R., & Sharma, M. (2019). Relation between labour productivity and export competitiveness of Indian textile industry: Co-integration and causality approach. *Vision*, 23(1), 22-30.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American statistical association*, 74(366a), 427-431.
- Dogan, E., & Inglesi-Lotz, R. (2020). The impact of economic structure to the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis: evidence from European countries. *Environmental science and pollution research*, 27(11), 12717-12724.
- Dong, F., Wang, Y., Su, B., Hua, Y., & Zhang, Y. (2019). The process of peak CO2 emissions in developed economies: A perspective of industrialization and urbanization. *Resources, Conservation and Recycling*, 141, 61-75.
- Du, G., Liu, S., Lei, N., & Huang, Y. (2018). A test of environmental Kuznets curve for haze pollution in China: Evidence from the penal data of 27 capital cities. *Journal of Cleaner Production*, 205, 821-827.
- Durbin, J., & Watson, G. S. (1950). Testing for serial correlation in least squares regression: I. *Biometrika*, 37(3/4), 409-428.
- Fang, J., Tang, X., Xie, R., & Han, F. (2020). The effect of manufacturing agglomerations on smog pollution. *Structural Change and Economic Dynamics*, 54, 92-101.
- Flores, B., & Alvarado, R. (2022). *Influencia de la Renta de Recursos Naturales y la Inversión Extranjera en la Degradación Ambiental de Ecuador [Influence of the Rent of Natural Resources and Foreign Investment in the Environmental Degradation of Ecuador]* (No. 113736). University Library of Munich, Germany.
- Forster, B. A. (1973). Optimal capital accumulation in a polluted environment. *Southern Economic Journal*, 544-547.
- Gamboa Montero, C. F. (2021). *La actividad económica y su relación con la degradación ambiental: Un análisis en los sectores industriales del Ecuador* (Bachelor's thesis).
- Gerschenkron, A. (1962). *Economic Backwardness in Historical Perspective: A Book of Essays*. Belknap Press of Harvard University Press.
- Global Carbon Atlas. (2020). <http://globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions>
- Granger, C. W. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 424-438.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement.

- Gruver, G. W. (1976). Optimal investment in pollution control capital in a neoclassical growth context. *Journal of Environmental Economics and Management*, 3(3), 165-177.
- Hang, Y., Wang, Q., Zhou, D., & Zhang, L. (2019). Factors influencing the progress in decoupling economic growth from carbon dioxide emissions in China's manufacturing industry. *Resources, Conservation and Recycling*, 146, 77-88.
- Hannan, E. J., & Quinn, B. G. (1979). The determination of the order of an autoregression. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 41(2), 190-195.
- Hao, Y., Zheng, S., Zhao, M., Wu, H., Guo, Y., & Li, Y. (2020). Reexamining the relationships among urbanization, industrial structure, and environmental pollution in China—New evidence using the dynamic threshold panel model. *Energy Reports*, 6, 28-39.
- Hirschman, A. O. (1958). *The strategy of economic development* (No. HD82 H49).
- Hirschman, A. O. (1968). The political economy of import-substituting industrialization in Latin America. *The Quarterly Journal of Economics*, 82(1), 1-32.
- Huang, S. Z., Sadiq, M., & Chien, F. (2021). The impact of natural resource rent, financial development, and urbanization on carbon emission. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-13.
- Iglesias, D., Carreño, F., & Carrillo, A. N. (2015). Sustentabilidad productiva sectorial. Algunas evidencias de aplicación.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2018). Según la última estadística de información ambiental: Cada ecuatoriano produce 0,58 kilogramos de residuos sólidos al día. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/segun-la-ultima-estadistica-de-informacion-ambiental-cada-ecuatoriano-produce-058-kilogramos-de-residuos-solidos-al-dia/>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2019a). Información Ambiental en Hogares ESPND 2018. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Hogares/Hogares_2018/Presentacion_Ambiental_hogares_2018_24_12.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2021). Módulo de Información Económica Ambiental de la Encuesta Estructural Empresarial (ENESEM), año 2019. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/EMPRESAS/Empresas-2019/BOLETIN_TECNICO_MOD_AM-ENESEM_2019_08.pdf
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC]. (2022). Módulo de Información Económica Ambiental en Empresas (ENESEM) 2020.

https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/EMPRESAS/Empresas%1F_2020/PRES_MOD_AMB_EMP_2020_Vf.pdf

- Jiang, Q., Rahman, Z. U., Zhang, X., Guo, Z., & Xie, Q. (2022). An assessment of the impact of natural resources, energy, institutional quality, and financial development on CO2 emissions: Evidence from the B&R nations. *Resources Policy*, 76, 102716.
- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of economic dynamics and control*, 12(2-3), 231-254.
- Joshua, U., & Bekun, F. V. (2020). The path to achieving environmental sustainability in South Africa: the role of coal consumption, economic expansion, pollutant emission, and total natural resources rent. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(9), 9435-9443.
- Kamien, M. I., Schwartz, N. L., & Dolbear, F. T. (1966). Asymmetry between bribes and charges. *Water Resources Research*, 2(1), 147-157.
- Keeler, E., Spence, M., & Zeckhauser, R. (1971). The optimal control of pollution. *Economics of Natural and Environmental Resources, Routledge Revivals*.
- Khan, I., Hou, F., & Le, H. P. (2021a). The impact of natural resources, energy consumption, and population growth on environmental quality: Fresh evidence from the United States of America. *Science of the Total Environment*, 754, 142222.
- Kirikaleli, D., & Kalmaz, D. B. (2020). Testing the moderating role of urbanization on the environmental Kuznets curve: empirical evidence from an emerging market. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(30), 38169-38180.
- Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *The American economic review*, 45(1), 1-28.
- Lan, F., Sun, L., & Pu, W. (2021). Research on the influence of manufacturing agglomeration modes on regional carbon emission and spatial effect in China. *Economic Modelling*, 96, 346-352.
- Laverde-Rojas, H., Guevara-Fletcher, D. A., & Camacho-Murillo, A. (2021). Economic growth, economic complexity, and carbon dioxide emissions: The case of Colombia. *Heliyon*, 7(6), e07188.
- Levinson, A., & Taylor, M. S. (2008). Unmasking the pollution haven effect. *International economic review*, 49(1), 223-254.
- Lin, B., & Wang, C. (2022) Does Industrial Transfer Affect Regional Carbon Intensity? Evidence from China's Secondary Industry.

- Liu, M., Ren, X., Cheng, C., & Wang, Z. (2020). The role of globalization in CO2 emissions: a semi-parametric panel data analysis for G7. *Science of the Total Environment*, 718, 137379.
- Liu, X., & Bae, J. (2018). Urbanization and industrialization impact of CO2 emissions in China. *Journal of cleaner production*, 172, 178-186.
- Luo, Y., Lu, Z., & Long, X. (2020). Heterogeneous effects of endogenous and foreign innovation on CO2 emissions stochastic convergence across China. *Energy Economics*, 91, 104893.
- Luo, Y., Zeng, W., Hu, X., Yang, H., & Shao, L. (2021). Coupling the driving forces of urban CO2 emission in Shanghai with logarithmic mean Divisia index method and Granger causality inference. *Journal of Cleaner Production*, 298, 126843.
- Mania, E. (2020). Export diversification and CO2 emissions: an augmented environmental Kuznets curve. *Journal of International Development*, 32(2), 168-185.
- Mejía Juárez, V. (2020). Procesos de urbanización y morfología urbana en Ecuador: La evolución de los usos del suelo a la luz de la imagen satelital nocturna de la Tierra 1992-2019.
- Méndez, P. (2021). Urbanización y crecimiento económico: un análisis de cointegración y causalidad para el caso ecuatoriano. *Revista Económica*, 9(1), 109-117.
- Ministerio de Finanzas. (2015). Informe de ejecución presupuestaria Primer Semestre 2015. <https://www.finanzas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/10/INFORME-DE-EJECUCI%C3%93N-PRESUPUESTARIA-SEMESTRAL-ADJUNTO-IV.pdf>
- Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca [MPCEIP]. (2019). Ecuador apunta al Pacto por la Economía Circular. <https://www.produccion.gob.ec/ecuador-apunta-al-pacto-por-la-economia-circular/>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE] (2016a). Resumen del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del Ecuador. Serie temporal 1994-2012. Quito, Ecuador
- Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE]. (2011). Segunda Comunicación Nacional sobre el Cambio Climático. <https://unfccc.int/resource/docs/natc/ecunc2.pdf>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE]. (2016b). Primer Informe Bienal de Actualización del Ecuador a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE]. 2017. Tercera Comunicación Nacional del Ecuador sobre Cambio Climático. Quito, Ecuador.
- Minlah, M. K., & Zhang, X. (2021). Testing for the existence of the Environmental Kuznets Curve (EKC) for CO2 emissions in Ghana: evidence from the bootstrap rolling

- window Granger causality test. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(2), 2119-2131.
- Muhammad, S., Long, X., Salman, M., & Dauda, L. (2020). Effect of urbanization and international trade on CO2 emissions across 65 belt and road initiative countries. *Energy*, 196, 117102.
- Muñoz Vélez, S. G. (2000). *Problemas y retos del sector exportador ecuatoriano ante la proliferación de restricciones comerciales ambientalistas* (Master's thesis, Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador).
- Neumayer, E. (2001). Pollution havens: An analysis of policy options for dealing with an elusive phenomenon. *The Journal of Environment & Development*, 10(2), 147-177.
- Ni, X., Wang, Z., Akbar, A., & Ali, S. (2022). Natural resources volatility, renewable energy, R&D resources and environment: Evidence from selected developed countries. *Resources Policy*, 77, 102655.
- Nordhaus, W. D. (1992). The 'DICE' model: background and structure of a dynamic integrated climate-economy model of the economics of global warming.
- Nordhaus, W. D., & Yang, Z. (1996). A regional dynamic general-equilibrium model of alternative climate-change strategies. *The American Economic Review*, 741-765.
- Oleas Montalvo, J. (2017). Ecuador 1980-1990: crisis, ajuste y cambio de régimen de desarrollo. *América Latina en la historia económica*, 24(1), 210-242.
- Onifade, S. T. (2022). Retrospecting on resource abundance in leading oil-producing African countries: how valid is the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis in a sectoral composition framework?. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-14.
- Opoku, E. E. O., & Aluko, O. A. (2021). Heterogeneous effects of industrialization on the environment: Evidence from panel quantile regression. *Structural Change and Economic Dynamics*, 59, 174-184.
- Ouyang, X., Fang, X., Cao, Y., & Sun, C. (2020). Factors behind CO2 emission reduction in Chinese heavy industries: do environmental regulations matter?. *Energy Policy*, 145, 111765.
- Pearce, D. (1976). *Economía Ambiental*. México DF.
- Perrone, M. G. N. (2012). *Malecón 2000: el inicio de la regeneración urbana de Guayaquil: un enfoque proyectual*. Flacso-Sede Ecuador.
- Perroux, F. (1955). *Note sur la notion de "pôle de croissance"*. Éditeur inconnu.
- Phillips, P. C., & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346.

- Pigou, A. (1920). *The Economics of Welfare* [4a. ed.]. (Versión digital). <http://www.econlib.org/library/NPDBooks/Pigou/pgEW0.html>
- Piore, M. J., & Sabel, C. F. (1986). The second industrial divide: possibilities for prosperity.
- Porter, M. E. (1985). Technology and competitive advantage. *Journal of business strategy*.
- Rahman, M. M. (2017). Do population density, economic growth, energy use and exports adversely affect environmental quality in Asian populous countries?. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 506-514.
- Rahman, M. M., & Kashem, M. A. (2017). Carbon emissions, energy consumption and industrial growth in Bangladesh: Empirical evidence from ARDL cointegration and Granger causality analysis. *Energy Policy*, 110, 600-608.
- Rahman, M. M., Nepal, R., & Alam, K. (2021). Impacts of human capital, exports, economic growth and energy consumption on CO2 emissions of a cross-sectionally dependent panel: Evidence from the newly industrialized countries (NICs). *Environmental Science & Policy*, 121, 24-36.
- Ramos, A., & Jumbo, B. (2018). Emisiones de CO2, urbanización, consumo de energía eléctrica y capital humano, un análisis de cointegración para datos de panel a nivel mundial período 1986-2016. *Revista Económica*, 5(1), 90-104.
- Ramos, A., & Jumbo, B. (2018). Emisiones de CO2, urbanización, consumo de energía eléctrica y capital humano, un análisis de cointegración para datos de panel a nivel mundial período 1986-2016. *Revista Económica*, 5(1), 90-104.
- Ramos, J. A. (2019). Las certificaciones ISO en el Perú. *El Peruano*.
- Renteria, V., Toledo, E., Bravo-Benavides, D., & Ochoa-Jiménez, D. (2016). Relación entre emisiones contaminantes, crecimiento económico y consumo de energía. El caso de Ecuador 1971-2010. *Revista politécnica*, 38(1), 83-83.
- Richardson, H. W. (1969). Regional economics. Location theory, urban structure and regional change. *Regional economics. Location theory, urban structure and regional change*.
- Richter, P. M., & Schiersch, A. (2017). CO2 emission intensity and exporting: Evidence from firm-level data. *European Economic Review*, 98, 373-391.
- Roca, L. (2020). Informe del comercio de bienes del Ecuador: 2012-2018. *Montevideo: ALADI. doi, 978-9974*.
- Rofiuddin, M., Perdana, T. A., & Nugroho, S. B. M. (2017). Economic Activity and Pollution: The case of Indonesia 1967-2013. *Jurnal Ekonomi Pembangunan: Kajian Masalah Ekonomi dan Pembangunan*, 18(2), 239-244.

- Rosales, V. Q., Leverone, R. B., Leverone, M. B., & Rosales, F. Q. (2017). Evidencia empírica del desarrollo sostenible: relación de causalidad entre el crecimiento económico y deterioro medio ambiental de Ecuador y América Latina y El Caribe. *UNIVERSIDAD, CIENCIA y TECNOLOGÍA*, 21(82), 4-15.
- Rostow, W. W. (1959). The stages of economic growth. *The economic history review*, 12(1), 1-16.
- Satrovic, E. (2018). Economic output and high-technology export: panel causality analysis. *UluslararasıEkonomikAraştırmalarDergisi*, 4(3), 55-63.
- Schatan, C. (1999). Contaminación industrial en los países latinoamericanos pre y post reformas económicas. CEPAL.
- Scott, A. J. (1988). Flexible production systems and regional development. *International journal of urban and regional research*, 12(2), 171-186.
- Shahbaz, M., Nasreen, S., Ahmed, K., & Hammoudeh, S. (2017). Trade openness–carbon emissions nexus: the importance of turning points of trade openness for country panels. *Energy Economics*, 61, 221-232.
- Shehzad, K., Zeraibi, A., & Zaman, U. (2022). Testing the N-shaped environmental Kuznets Curve in Algeria: An imperious role of natural resources and economic globalization. *Resources Policy*, 77, 102700.
- Sikder, M., Wang, C., Yao, X., Huai, X., Wu, L., KwameYeboah, F., ... & Dou, X. (2022). The integrated impact of GDP growth, industrialization, energy use, and urbanization on CO2 emissions in developing countries: Evidence from the panel ARDL approach. *Science of The Total Environment*, 155795.
- Statistical Review of World Energy. (2020). <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf>
- Tian, Y., Xiong, S., Ma, X., & Ji, J. (2018). Structural path decomposition of carbon emission: A study of China's manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 193, 563-574.
- Tufail, M., Song, L., Adebayo, T. S., Kirikkaleli, D., & Khan, S. (2021). Do fiscal decentralization and natural resources rent curb carbon emissions? Evidence from developed countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(35), 49179-49190.
- Uglietti, C., Gabrielli, P., Cooke, C. A., Vallelonga, P., & Thompson, L. G. (2015). Widespread pollution of the South American atmosphere predates the industrial revolution by 240 y. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(8), 2349-2354.

- Vaca, P., & Cartuche, I. (2018). Relación entre las emisiones de CO₂ y el grado de urbanización a nivel global y entre grupos de países: un enfoque usando técnicas econométricas avanzadas de datos de panel. *Revista Vista Económica*, 5(1), 82-89.
- Verbič, M., Satrovic, E., & Muslija, A. (2021). Environmental Kuznets curve in Southeastern Europe: the role of urbanization and energy consumption. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(41), 57807-57817.
- Von Thunen, J. (1826). El estadoaislado.
- Wang, M., & Feng, C. (2018). Investigating the drivers of energy-related CO₂ emissions in China's industrial sector: From regional and provincial perspectives. *Structural Change and Economic Dynamics*, 46, 136-147.
- Wang, Y., Zhang, C., Lu, A., Li, L., He, Y., ToJo, J., & Zhu, X. (2017). A disaggregated analysis of the environmental Kuznets curve for industrial CO₂ emissions in China. *Applied Energy*, 190, 172-180.
- Wang, Z., Rasool, Y., Zhang, B., Ahmed, Z., & Wang, B. (2020). Dynamic linkage among industrialisation, urbanisation, and CO₂ emissions in APEC realms: evidence based on DSUR estimation. *Structural Change and Economic Dynamics*, 52, 382-389.
- Weber, A. (1909). Uber den standort der industrien, Tübingen. *English translation by CJ Friedrich (1929) Theory of the Location of Industries.*
- White, H. (1980). A heteroskedasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroskedasticity. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 817-838.
- World Economic Forum. (2018). Global Competitiveness Index 4.0. <http://reports.weforum.org/global-competitiveness-report-2018/competitiveness-rankings/#series=GCI4>
- Wu, R., Dai, H., Geng, Y., Xie, Y., & Tian, X. (2019). Impacts of export restructuring on national economy and CO₂ emissions: A general equilibrium analysis for China. *Applied Energy*, 248, 64-78.
- Wu, R., Wang, J., Wang, S., & Feng, K. (2021). The drivers of declining CO₂ emissions trends in developed nations using an extended STIRPAT model: A historical and prospective analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 149, 111328.
- 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.
- Xu, B., & Lin, B. (2017). Does the high-tech industry consistently reduce CO₂ emissions? Results from nonparametric additive regression model. *Environmental Impact Assessment Review*, 63, 44-58.

- Xu, F., Huang, Q., Yue, H., He, C., Wang, C., & Zhang, H. (2020). Reexamining the relationship between urbanization and pollutant emissions in China based on the STIRPAT model. *Journal of Environmental Management*, 273, 111134.
- Yang, Z., Wang, M. C., Chang, T., Wong, W. K., & Li, F. (2022). Which Factors Determine CO2 Emissions in China? Trade Openness, Financial Development, Coal Consumption, Economic Growth or Urbanization: Quantile Granger Causality Test. *Energies*, 15(7), 2450.
- You, W., Zhang, Y., & Lee, C. C. (2022). The dynamic impact of economic growth and economic complexity on CO2 emissions: An advanced panel data estimation. *Economic Analysis and Policy*, 73, 112-128.
- Zhang, P., Yuan, H., Bai, F., Tian, X., & Shi, F. (2018). How do carbon dioxide emissions respond to industrial structural transitions? Empirical results from the northeastern provinces of China. *Structural Change and Economic Dynamics*, 47, 145-154.
- Zhang, S. (2019). Environmental Kuznets curve revisit in Central Asia: the roles of urbanization and renewable energy. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(23), 23386-23398.
- Zhang, S., Li, Z., Ning, X., & Li, L. (2021). Gauging the impacts of urbanization on CO2 emissions from the construction industry: Evidence from China. *Journal of Environmental Management*, 288, 112440.
- Zhang, Y., Chen, X., Wu, Y., Shuai, C., & Shen, L. (2019). The environmental Kuznets curve of CO2 emissions in the manufacturing and construction industries: a global empirical analysis. *Environmental Impact Assessment Review*, 79, 106303.

11. Anexos

Anexo 1.

Multicolinealidad: Factor de Inflación de la Varianza (VIF)

Variable	VIF	1/VIF
Log exportaciones	20,69	0,0483
Urbanización	10,91	0,0917
Industrialización	6,89	0,1451
Renta de recursos naturales	1,27	0,7903
Mean VIF	9,94	

Regla de decisión.

Ho: Multicolinealidad; si $VIF > 10$

Ha: No multicolinealidad; si $VIF < 10$

Se concluye que, no existe problema de multicolinealidad, puesto que, la media del VIF es menor a 10. Rechazando la hipótesis nula (Ho).

Anexo 2.

Heterocedasticidad: Prueba de White

chi (14)	36,77
Prob> chi2	0,0008

Regla de decisión.

Ho: Homocedasticidad; si $(Prob) > 0,05$

Ha: Heterocedasticidad; si $(Prob) < 0,05$

Se concluye que, existe problemas de heterocedasticidad, puesto que la prob chi2 es menor al nivel de significancia (0,05). Se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad.

Anexo 3.

Heterocedasticidad: Test de Breusch-Pagan

chi 2 (1)	2,81
Prob> chi2	0,0937

Anexo 4.

Normalidad: Test de Skewness-Kustosis

Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	Prob>chi2
Error	47	0,8103	0,0292	4,79	0,0911

Regla de decisión.

Ho: Normalidad; si (Prob) > 0,05

Ha: No normalidad; si (Prob) < 0,05

Se concluye que, los errores tienen una distribución normal, puesto que la prob chi2 es mayor al nivel de significancia (0,05). Se acepta la hipótesis nula de normalidad.

Anexo 5.

Autocorrelación: Test Breusch-Godfrey

lags(p)	chi2	df	Prob>chi2
1	18,167	1	0,0000
2	18,450	2	0,0001
3	19,526	3	0,0002
4	19,559	4	0,0006
5	19,559	5	0,0015

Regla de decisión.

Ho: No autocorrelación; si (Prob) > 0,05

Ha: Autocorrelación; si (Prob) < 0,05

Se concluye que, existe autocorrelación, puesto que la prob chi2 es menor al nivel de significancia (0,05). Se rechaza la hipótesis de no autocorrelación.

Anexo 6.

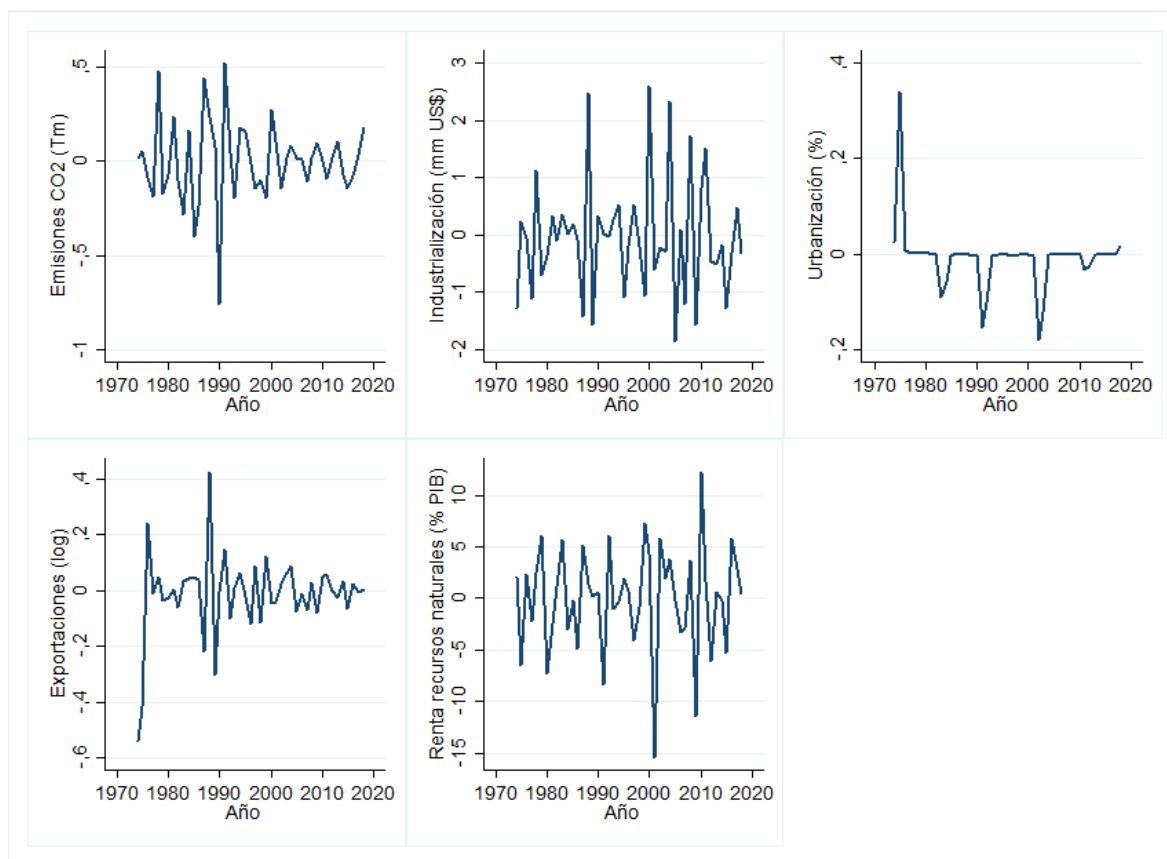
Prueba de raíces unitarias

Variables	Prueba de Dickey-Fuller				Prueba de Phillips y Perron			
	Valor calculado	1%	5%	10%	Valor calculado	1%	5%	10%
Emissiones CO2 (Tm percapita)	-2,304	-3,607	-2,941	-2,605	-2,318	-3,607	-2,941	-2,605
Industrialización (millones USD)	0,367	-3,607	-2,941	-2,605	0,192	-3,607	-2,941	-2,605
Urbanización (%)	-11,679	-3,607	-2,941	-2,605	-7,061	-3,607	-2,941	-2,605
Exportaciones	-2,329	-3,607	-2,941	-2,605	-2,297	-3,607	-2,941	-2,605

(Log)								
Renta de recursos naturales (%)	-3,468	-3,607	-2,941	-2,605	-3,409	-3,607	-2,941	-2,605

Anexo 7.

Segundas diferencias de las variables del modelo



Anexo 8.

Prueba de raíces unitarias con segundas diferencias (Orden II).

Variables	Prueba de Dickey-Fuller				Prueba de Phillips y Perron			
	Valor calculado	1%	5%	10%	Valor calculado	1%	5%	10%
Emisiones CO2 (Tm pér capita)	-8,522	-3,621	-2,947	-2,607	-10,427	-3,621	-2,947	-2,607
Industrialización (millones) USD	-11,830	-3,621	-2,947	-2,607	-14,069	-3,621	-2,947	-2,607
Urbanización (%)	-5,037	-3,621	-2,947	-2,607	-4,950	-3,621	-2,947	-2,607
Exportaciones (Log)	-9,184	-3,621	-2,947	-2,607	-12,093	-3,621	-2,947	-2,607
Renta de recursos naturales (%)	-9,669	-3,621	-2,947	-2,607	-12,968	-3,621	-2,947	-2,607

Anexo 9.

Determinación del rezago óptimo: AIC y HQIC

Lag	LL	LR	Df	P	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	-917,474				2,40E+13	44,9987	45,0748	45,2077*
1	-872,022	90,904	25	0,000	8,90E+12	44,0011	44,4577	45,2549
2	-835,35	73,346	25	0,000	5,4E+12*	43,4317	44,2687*	45,7304
3	-810,12	50,46	25	0,002	6,20E+12	43,4205	44,638	46,764
4	-783,849	52,542*	25	0,001	7,90E+12	43,3585*	44,9565	47,7469

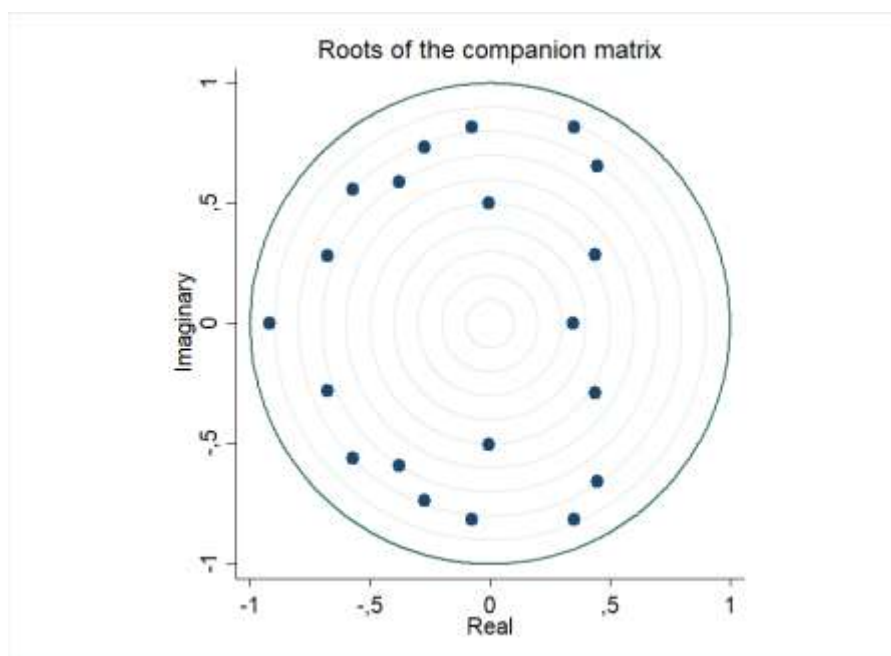
Anexo 10.

Determinación de cointegración: Prueba de Johansen

Maximumrank	Parms	LL	Eigenvalue	Trace statistic	1% criticalvalue
0	80	-852,0700	.	96,5947	76,07
1	89	-830,8608	0,6446	54,1763*	54,46
2	96	-819,1540	0,4351	30,7627	35,65
3	101	-808,9126	0,3932	10,2799	20,04
4	104	-803,7726	0,2218	-0,0000	6,65
5	105	-803,7726	-0,0000		

Anexo 11.

Prueba de estabilidad para el modelo var



Anexo 12.

Certificación de traducción del Abstract.

1. Abstract

CO2 emissions worldwide are approximately 36mm kilotons. In this sense, the aim of the present research is to examine the impact of industrialization on environmental pollution in Ecuador during the period 1972-2018. For this study, the World Bank database (2020) was used. In the methodology, the OLS model was used to test the EKC, the VAR AND VEC models to estimate the long-run and short-run relationship and the Granger cointegration test to evidence the causal nexus. Under this context, among the main results, we found a positive and statistically significant impact of industrialization on CO2 emissions and the EKC is not fulfilled for Ecuador; a short- and long-term relationship between industrialization, CO2 emissions, urbanization, exports, and natural resource rent; as well as a unidirectional causal relationship that goes from industrialization to CO2 emissions. Given these results, the policy implications turn to a main axis such as the change of the productive matrix, to sustain a much more sustainable and environmentally friendly economic growth.

Key words: Industrialization; Environmental pollution; Economic growth; Time series; Ecuador.

JEL codes: O14. Q53. F43. C32.

Yo, Alexandra Zúñiga Ojeda, por la presente certifico que traduje el documento adjunto del idioma español al inglés y que, es una traducción correcta de acuerdo a los documentos originales. Así lo certifico, en base a la formación de grado y posgrado en la Enseñanza del Inglés como lengua extranjera.



Mgs. Alexandra Zúñiga Ojeda
Directora Académica de CADIL English Center
Registros SENESCYT: 1031-07-785803 1031-11-725056