



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN NEGOCIOS INTERNACIONALES

T E S I S

**EL DETERIORO AMBIENTAL, EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y EL
COMERCIO: EL CASO DE MÉXICO (1988-2018)**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS EN
NEGOCIOS INTERNACIONALES**

PRESENTA:

LIC. JULISA FLORES TORRES

DIRECTOR DE TESIS:

DR. MARIO GÓMEZ AGUIRRE

MORELIA, MICHOACÁN, JUNIO DEL 2023

Dedicatoria

A mi familia, en especial a mi mamá por su amor y apoyo incondicional, y en quien sé que siempre puedo confiar.

A mis amigas, en especial a Roció y Liz, quienes fueron parte fundamental para mi formación y, de quienes he recibido apoyo incondicional en todo momento.

Finalmente a mi pareja, quien estuvo desde el inicio de esta travesía, quien me brindó apoyo y comprensión incondicional, y por estar en los momentos más difíciles de este camino.

Agradecimientos

A través de estas líneas doy gracias a las Instituciones y personas que han hecho posible este trabajo de tesis con el cual culmina una etapa más de mi formación profesional.

En primera instancia a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), que me formo desde la Licenciatura y que me albergó en esta investigación de posgrado, reconocida por tener programas de excelente calidad en sus diversas áreas de conocimiento.

Al Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales (ININEE), por hacerme sentir como en casa, por sus excelentes profesores que conforman esta institución, por proporcionarme los conocimientos, valores y habilidades, y por hacer de mi estancia una experiencia más maravillosa.

Finalmente, pero no menos importante al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por su invaluable apoyo económico para efectuar estudios de posgrado, sin él cual hubiese sido imposible lograr esta investigación.

Agradezco enormemente a mi asesor de tesis, Dr. Mario Gómez Aguirre, por su apoyo, tiempo, comprensión y por compartir de sus conocimientos a lo largo de esta investigación, por sus sabios consejos y por guiarme por el mejor camino, sin su gran apoyo en todo momento no hubiera sido posible la culminación satisfactoria del presente trabajo. Agradezco también a mis sinodales la Dra. Irma Cristina Espitia Moreno y al Dr. Antonio Favila Tello, por sus consejos, opiniones y aportaciones para enriquecer esta investigación.

También quiero agradecer al Dr. Enrique Armas Arévalos quien es coordinador de la Maestría en Ciencias en Negocios Internacionales (MCNI), de quien siempre he recibido apoyo incondicional en la trayectoria de este camino, por sus sabios consejos, por sus amenas pláticas y por ser un excelente profesor.

Finalmente agradezco infinitamente a mi familia, a mis padres, hermanas (os), por siempre estar presente en cada uno de mis logros e inspirarme a seguir creciendo tanto en el ámbito académico como profesional, agradezco por su apoyo incondicional. También agradezco a cada uno de mis compañeros (as), con los cuales tuve el honor de compartir esta maravillosa maestría, por inspirarme y apoyarme en todo momento, por compartir sus consejos, conocimientos y tiempo a lo largo de este camino.

Índice

CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.1 Planteamiento del Problema	14
1.2 Preguntas de la Investigación.....	21
1.2.1 Pregunta General	21
1.2.2 Preguntas Específicas	21
1.3 Objetivo de la Investigación	21
1.3.1 Objetivo General.....	21
1.3.2 Objetivos Específicos.....	21
1.4 Justificación	22
1.4.1 Trascendencia.....	22
1.4.1.1 Conveniencia	22
1.5 Horizonte Temporal y Espacial.....	23
1.6 Viabilidad de la Investigación.....	23
1.7 Hipótesis de la Investigación.....	24
1.7.1 Hipótesis General	24
1.7.2 Hipótesis Específicas	24
1.8 Identificación de Variables.....	24
1.8.1 Variable Dependiente	24
1.8.2 Variables Independientes.....	24
1.9 Instrumentos	25
1.10 Alcances y Limitaciones de Investigación	25
CAPÍTULO II: MARCO CONTEXTUAL	26
2.1 Aspectos Generales	26
2.1.1 Factores que Causan la Degradación Ambiental en México.....	26
2.2 México y los Principales Países con más Contaminación Ambiental.....	31
2.3 Huella Ecológica Mundial	32
2.4 La Contaminación Ambiental en México	34
2.5 Huella Ecológica en México	35
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO	39
3.1 Curva de Kuznets Ambiental.....	39
3.2 Teoría Clásica del Crecimiento Económico.....	44

3.3 Modelo de Crecimiento de Solow.....	45
3.4 Teorías del Comercio Internacional.....	47
3.4.1 Teorías Clásicas del Comercio Internacional.....	48
3.4.2 Teorías Neoclásicas del Comercio Internacional.....	49
CAPÍTULO IV. REVISIÓN DE LITERATURA EMPÍRICA	51
3.4 Revisión de la Literatura Empírica.....	51
CAPÍTULO V. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	62
5.1 El Método.....	62
5.2 Tipo de Investigación.....	63
5.3 Enfoque.....	63
5.4 Econometría.....	64
5.5 Datos.....	64
5.6 Instrumentos de Medición.....	65
5.7 Análisis de Regresión Múltiple.....	65
5.8 Pruebas de Raíz Unitaria Aplicables a Series de Tiempo.....	68
5.9 Modelo Autorregresivo de Rezagos Distribuidos (ARDL).....	70
5.10 Prueba de Autocorrelación.....	72
5.11 Prueba de Heterocedasticidad.....	73
5.12 Prueba de Normalidad.....	74
CAPÍTULO VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS	75
6.1 Pruebas de Raíz Unitaria.....	76
6.2 Modelo ARDL.....	79
6.2.1 Prueba Long Run Form Bounds.....	79
6.3 Prueba de Residuos.....	82
6.3.1 Prueba de normalidad.....	83
6.3.2 Prueba de correlación serial.....	84
6.3.3 Prueba de heterocedasticidad.....	84
Bibliografía.....	92
ANEXOS.....	99
Anexo 1. Matriz de Congruencia	99
Anexo 2. Base de datos.....	100
Anexo 3. Modelo Económico en Eviews.....	101
Anexo 4. Prueba de Normalidad.....	104

Anexo 5. Prueba de Heterocedasticidad.....	105
Anexo 6. Prueba de Correlación Serial.....	106

ABREVIATURAS

ARDL: Autorregresivo de Rezagos Distribuidos.

PIB: Producto Interno Bruto.

TIC: Tecnologías de la Información y la Comunicación.

CO₂: Emisiones de Dióxido de Carbono.

GEI: Gases de Efecto Invernadero.

HG: Hectáreas Globales.

GINI: índice de GINI.

KT: Kilotoneladas.

GFN: Global Footprint Network.

CKA: Curva de Kuznets Ambiental.

DFA: Dickey y Fuller Aumentada.

PP: Phillips y Perrón.

AIC: Akaike info Criterion.

SEDER: Secretaría de Energía.

UN: Naciones Unidas.

TLCAN: Tratado de Libre Comercio de América del Norte.

MELI: Mejor Estimador Lineal Inssegado.

Glosario de Conceptos

Deterioro ambiental: Se expresa como el agotamiento de los recursos naturales como el aire, el agua, el suelo y la cubierta del suelo, lo que conduce a la destrucción de los ecosistemas y a la extinción de la vida silvestre (SEMARNAT, 2016).

Emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂): Es un gas incoloro, inodoro y no venenoso que se desprende de la combustión de combustible fósiles y normalmente forma parte del aire ambiental. Se considera el principal gas de efecto invernadero, al contribuir a los cambios del clima (CEPALSTAT, 2022).

Exportaciones: Las exportaciones de bienes y servicios 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 tales como los relativos a las comunicaciones, la construcción, los servicios financieros, los informativos, los empresariales, los personales y los del Gobierno. Excluyen la remuneración de los empleados y los ingresos por inversiones (anteriormente denominados servicios de los factores), como también los pagos de transferencias (Banco mundial, 2016).

Crecimiento económico: Cambio cuantitativo o expansión de la economía de un país. Según los usos convencionales, el crecimiento económico se mide como el aumento porcentual del producto interno bruto (PIB) o el producto nacional bruto (PNB) en un año (Banco mundial, 2016).

Producto Interno Bruto: Es el valor total de los bienes y servicios producidos en el territorio de un país en un periodo determinado, libre de duplicaciones. Se puede obtener mediante la diferencia entre el valor bruto de producción y los bienes y servicios consumidos durante el propio proceso productivo, a precios comprador (consumo intermedio). Esta variable se puede obtener también en términos netos al deducirle al PIB el valor agregado y el consumo de capital fijo de los bienes de capital utilizados en la producción (Banxico, 2020).

Relación de Tablas, Gráficas, Cuadros y Figuras

Tablas

Tabla 1. Países clasificados por huella ecológica total (hectáreas globales).....	18
Tabla 2. Países con déficit de Biocapacidad en 2020 (%).....	34
Tabla 3. Resultados de Long Run Form Bounds	79
Tabla 4. Bounds Test	82
Tabla 5. Error Corretion Form.....	82
Tabla 6. Prueba de Correlación serial.....	84
Tabla 7. Prueba de Homocedasticidad	85

Gráficas

Gráfica 1. Emisiones de CO2 (Kt) en México durante el periodo de 1960-2018	19
Gráfica 2. Contaminación mundial de CO2 en el periodo 2010-2019.....	31
Gráfica 3. Contaminación Mundial de CO2 en 2020	32
Gráfica 4. Huella ecológica mundial durante el periodo 1980-2018.....	33
Gráfica 5. Contaminación de CO2 en México durante el periodo de 2010-2020.....	35
Gráfica 6. Huella Ecológica vs Biocapacidad en México en el periodo 1970-2018	36
Gráfica 7. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por sector en México durante el periodo de 1990-2018	37
Gráfica 8. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del sector energético en México durante el periodo 1990-2018	38
Gráfica 9. Comportamiento de las variables: CO2, EXPORT, PIB, ENERGI, TIC y GINI	76

Cuadros

Cuadro 1. Frecuencia de variables causantes del deterioro ambiental	59
Cuadro 2. Descripción de las variables de estudio.....	64
Cuadro 3. Descripción del modelo	66
Cuadro 4. Prueba de Dickey-Fuller Aumentada (ADF).....	77
Cuadro 5. Prueba de Phillips-Perron (PP).....	78
Cuadro 6. Matriz de Congruencia.....	99

Figuras

Figura 1. Curva de Kuznets ambiental	41
Figura 2. Equilibrio de la economía en estado estacionario	46
Figura 3. Determinantes del Deterioro Ambiental	61

Resumen

El tema del deterioro ambiental se ha convertido en un tema primordial a nivel mundial en las últimas tres décadas, siendo las emisiones de (CO₂) una de las principales causas del cambio climático. El objetivo principal es conocer las variables que influyeron en el deterioro ambiental de México, para el periodo 1988-2018. Para ello en esta investigación se aplicará el método econométrico de rezagos distribuidos (ARDL) propuesto por Pesaran *et al* (2001). Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que las variables de este modelo están integradas en el orden uno y que las variables cointegran en el largo plazo. Además, se demuestra que el consumo de energía, crecimiento económico, las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) y el índice de GINI afectan positivamente, es decir, conducen al aumento del deterioro ambiental, mientras que las exportaciones afecta negativamente, por lo tanto, hay evidencia de que el comercio disminuye las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) para el caso de México.

Palabras Clave: Deterioro ambiental, Consumo de energía, ARDL, México.

Abstract

The issue of environmental deterioration has become a major global issue over the last three decades, being (CO₂) emissions one of the main causes of climate change. The main objective of this research is to know the variables that influenced the environmental deterioration of Mexico, during the period 1988-2018. For this purpose, this research applies the econometric method of distributed lags (ARDL), proposed by Pesaran *et al* (2001). The results obtained in this research show that the variables of this model are integrated in order one and that the variables cointegrate in the long term. In addition, it is shown that the energy consumption, economic growth, Information and Communication Technologies (ICT) and the GINI index affect positively, that is, they lead to increased environmental deterioration, while exports negatively affect. Furthermore, there is evidence that in the case of México, trade reduces carbon dioxide (CO₂) emissions.

KeyWords: Environmental deterioration, Energy consumption, ARDL, México

Introducción

La relación entre el crecimiento económico y su efecto de explotación de los recursos naturales, así como la degradación, se ha debatido en economía ambiental desde el año de 1960, especialmente en las últimas tres décadas; el mundo ha sido testigo de un desarrollo considerable de muchas economías que han experimentado un rápido crecimiento en su comercio, consumo de energía y CO₂ en todo el mundo (Caglar, Mert, y Boluk, 2021).

No obstante, con el pasar de los años, la degradación del planeta se ha convertido en uno de los principales problemas de la humanidad, especialmente en el siglo XXI, y de la misma manera en un tema fundamental de la agenda internacional y a su vez en un gran desafío para muchas economías en todo el mundo.

En ese sentido, el deterioro ambiental puede ser medido mediante las CO₂, las cuales son consideradas como una de las principales causas del calentamiento global y del cambio climático, sin embargo, recientemente se ha implementado un nuevo indicador ambiental compuesto para medir el deterioro ambiental, el cual es denominado Huella ecológica.

De acuerdo con datos de Global Footprint Network (GFN) (2020), dentro de los principales países con la mayor huella ecológica total en hectáreas globales (hg), a nivel mundial, se encuentra China como el país con la peor degradación mundial, seguido de Estados Unidos de América, India, Rusia, Japón, Brasil, Indonesia, Alemania, República de Corea y finalmente México se encuentra entre los principales diez países con la mayor huella ecológica a nivel mundial, es decir, con la peor degradación ambiental a nivel mundial.

Para 2017 países como China, Estados Unidos, India y Rusia aportaron el 79% de CO₂, a nivel mundial, en donde, China emitió el 41%, Estados Unidos el 21%, India con el 10% y finalmente Rusia con el 7%, dicho lo anterior, estos cuatro países aportan casi el 80% de las CO₂ a nivel mundial, para ese mismo año México registro una cifra de casi 500 millones de toneladas de CO₂ (Statistical Review of World Energy, 2022).

Debido a esta situación, el objetivo general de la presente investigación es conocer las variables que influyeron en el deterioro ambiental de México durante el periodo de 1988-2018. Es importante también mencionar la hipótesis general del estudio: las variables crecimiento económico, consumo de energía, índice de GINI, las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) y comercio afectaron el deterioro ambiental en México, para ello, en la presente investigación se espera que las diferentes variables de estudios antes mencionadas (crecimiento económico, consumo de energía, índice de GINI, las TIC), tengan un efecto positivo frente al deterioro ambiental, mientras que la variable exportaciones se espera que tenga un efecto negativo respectivamente.

Para el caso de México, la mayoría de los estudios en relación sobre el deterioro ambiental y sus principales determinantes se enfocan principalmente en la relación existente entre las CO₂ y el crecimiento económico, de la misma manera van entre el consumo de energía y la apertura comercial, sin embargo, no existe ningún estudio en donde se incluyen variables como el índice de GINI o las (TIC) para el caso de México, en ese sentido, una de las principales aportaciones del estudio es incluir estas dos variables de manera conjunta y conocer el impacto de las mismas, por lo tanto, es importante analizar esta relación existente entre el deterioro ambiental y sus principales determinantes ya que ofrecerá información clave y útil para guiar la política económica, energética y ambiental dentro del país.

La presente investigación se presenta bajo la siguiente estructura:

Capítulo I. Este apartado contiene los fundamentos de la investigación, donde se plantea la problemática del estudio y de donde se desprenden las preguntas de investigación, de la misma manera los objetivos. Además se presenta la justificación, se plantean las hipótesis, se identifican las variables sujeto de estudio y, por último, los alcances de la investigación.

Capítulo II. Se hace una breve descripción sobre aspectos generales del deterioro ambiental, sus principales determinantes, además, de la evolución de dicho deterioro tanto a nivel mundial como para el caso particular de México.

Capítulo III. Se mencionan las principales teorías que sustentan la investigación, necesarias para el estudio de las diferentes variables. Entre las teorías revisadas se encuentra la teoría del deterioro ambiental en donde se describe la Curva de Kuznets Ambiental (CKA), posteriormente se mencionan las teorías clásicas y endógenas del crecimiento económico, de la misma manera las teorías explicativas del comercio internacional.

Capítulo IV. Contiene una breve descripción de los principales estudios revisados con el fin de identificar que se ha estudiado en relación al estudio planteado y de la misma manera identificar qué países se han analizado, en cuales se ha considerado México, su metodología implementada, variables consideradas y principales hallazgos.

Capítulo V. En este capítulo se describe la metodología utilizada, es decir, la propuesta del modelo econométrico que se utiliza para analizar el deterioro ambiental para el caso de México, así como la descripción de las variables, tanto la dependiente como las dependientes y sus respectivos indicadores, de la misma manera las diferentes fuentes consultadas para la obtención de los datos.

Capítulo VI. Se presenta el análisis acerca de los resultados obtenidos a través de la aplicación del modelo econométrico utilizado en el estudio, en donde los resultados responden a las preguntas planteadas y encontrando que las relaciones planteadas en las hipótesis de la investigación son adecuadas con los resultados obtenidos en el modelo estimado.

Finalmente se presentan las conclusiones a las que se llegó al finalizar la investigación, así como las recomendaciones para trabajos futuros.

CAPÍTULO I:

FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del Problema

En este apartado se presenta la problemática de la presente investigación, es decir, se pretende abordar el motivo por el cual se hace necesario un análisis de los acontecimientos en torno al deterioro ambiental de México. De igual manera se describen algunos factores que han afectado al deterioro ambiental en los últimos años.

El problema de investigación radica en conocer el impacto de las principales variables que influyen en el deterioro ambiental en México durante el periodo 1988-2018, en ese sentido, sería importante conocer los efectos de las mismas, para poder tomar decisiones efectivas en las diferentes políticas públicas, económicas, energéticas y medioambientales.

1.1.1 Descripción del Problema

Desde el año de 1960, en economía ambiental se ha debatido la relación existente entre el crecimiento económico y su efecto en la explotación de los recursos naturales y como consecuencia la degradación del medio ambiente, especialmente en las últimas décadas, en donde el mundo ha sido testigo de un crecimiento considerable de muchas economías desarrolladas y en desarrollo que han experimentado un aumento en su comercio, consumo de energía, población y a su vez un aumento en sus CO₂ en todo el mundo, con sus respectivos efectos en el cambio climático (Caglar, Mert, & Boluk, 2021).

Como indica Mert y Caglar (2020), hoy en la actualidad todos estos crecimientos han revelado a la contaminación ambiental como uno de los principales problemas de la humanidad en el siglo XXI, y a su vez en un tema de interés para investigadores medioambientalistas y gobiernos, dado a los efectos de la sobre explotación de los recursos naturales y en un gran desafío para muchas economías.

En ese sentido, el deterioro ambiental se ha convertido en un tema primordial de la agenda internacional, esto debido a los grandes efectos devastadores; que de manera particular, el tema del cambio climático a nivel mundial tendrá en la sociedad, la economía y el medio ambiente si los gobiernos tanto en el plano nacional como internacional, no establecen medidas de mitigación y adopción al cambio climático, donde se tenga como prioridad la disminución de CO₂ principalmente, y los provea de elementos para hacer frente a este fenómeno (Cuevas, 2011).

Existe una amplia literatura que explica la relación entre el crecimiento económico y el comercio, y una separada e incluso más amplia entre el producto interno bruto (PIB) y el consumo de energía, sin embargo, existe muy poca literatura en donde involucre variables como el crecimiento económico, índice de GINI, TIC y su efecto con el medio ambiente de manera particular para el caso de México.

En ese sentido, en esta investigación se incluirán variables como las TIC, esto debido a la importancia que ha tenido el uso de las herramientas de las TIC durante los últimos 30 años. Las TIC han jugado un papel importante en tema de productividad y, a su vez ha mejorado la eficiencia en términos energéticos, sin embargo, no se ha prestado la atención necesaria a los impactos en términos ambientales causados por las TIC. De acuerdo con Khan (2019), en los estudios realizados han encontrado resultados mixtos entre TIC y medio ambiente, es decir, los resultados no son específicos ya que existen estudios en donde los resultados han demostrado que la introducción de tecnologías respetuosas con el medio ambiente puede contribuir a la reducción de las CO₂, sin embargo, en otros estudios los resultados indican que la rápida difusión de las TIC aceleran o conducen a un mayor deterioro (Khan, Sana y Arif, 2020).

En la actualidad el CO₂, las TIC y la transición energética son importantes desafíos de la sostenibilidad y un gran riesgo para el bienestar y existencia de la humanidad, se afirma que, el rápido crecimiento de las TIC ha trasladado a una nueva era de crecimiento económico para muchas economías, sin embargo, es una de las

consecuencias que ha contribuido al fenómeno del cambio climático actual causado por el aumento de CO₂ en todo el mundo (Atsu, Adams y Adjei, 2021).

Dicho lo anterior, el campo de las TIC es un sector que consume grandes cantidades de energía, sin embargo, la implementación de procesos eficientes como el comercio electrónico y la banca electrónica está aumentando cada vez más y ayuda a realizar transacciones en línea, que al mismo tiempo reduce costos, procesos físicos, y consecuentemente reducir emisiones de gases de efecto invernadero, es por ello que las TIC son consideradas como un medio para reducir las CO₂, y un elemento clave de la sostenibilidad ambiental en los diversos sectores como el energético, el transporte y el inmobiliario (Ibídem).

De igual forma se incluirá una variable denominada desigualdad de ingresos, es un tema que ha sido debatido durante las últimas décadas, en la literatura empírica sobre desigualdad de ingresos y medio ambiente se han encontrado resultados mixtos, es decir, tanto positivos como negativos. Se dice que en una economía altamente desigual, las personas tienen menos datos e información sobre los impactos ambientales, pero la información ambiental juega un papel fundamental en la sociedad porque es menos factible que los individuos en sociedades desiguales con poca información ambiental exijan a sus gobiernos protección ambiental, por otro lado para aquellos que viven en sociedades igualitarias donde esta información se trasmite públicamente (Ridzuan, 2019).

Una de las principales razones por las que una sociedad desigual no se preocupa por el medio ambiente o tienden a no requerir apoyo, es que las personas de bajos recursos están aún más preocupados por la supervivencia cotidiana (hogar, alimentación, trabajo) y, por lo tanto, tienen menos interés en hacer peticiones sobre políticas ambientales, por lo tanto, una alta desigualdad conduce a una menor demanda pública de protección ambiental, por lo que es menos factible reducir la contaminación en países más desiguales que en países menos desiguales (Ibídem).

En gran parte de la literatura encargada de estudiar el crecimiento económico de un país o un conjunto de países los estudios se centran principalmente en la relación

entre consumo de energía y producción o la relación entre comercio y producción, como ya se mencionó anteriormente estas variables crecimiento económico, consumo de energía y comercio tienen a moverse juntas esto a través de los años y parece lógico incluirlos de manera conjunta en un modelo. Por lo tanto sería de gran interés el poder incluir una variable ambiental en este modelo, mediante un modelo que combine comercio, PIB, consumo de energía y medio ambiente; en donde se puede obtener una mejor comprensión de la estrecha relación entre estas variables.

De acuerdo con Gómez y Rodríguez (2019), “para satisfacer las necesidades y deseos humanos de toda la población, es necesario producir bienes y servicios que requieran el uso de factores de producción como trabajo, capital y energía, entre otros” (p. 1). Sin embargo, cada vez se crean más bienes y servicios para poder satisfacer estas necesidades. Una de las consecuencias del aumento de la producción es la degradación ambiental. Esta es una parte importante de la reducción y el consumo, y es una de las formas de medir la interacción entre la producción y la degradación ambiental, como lo indica Gómez (2021) es “a través de la hipótesis de la CKA, que ha sido ampliamente discutida en las últimas décadas” (p. 91).

Una forma de medir el deterioro ambiental puede ser mediante el uso de las CO₂, ya que se consideran una de las principales causas del cambio climático y el calentamiento global, y han sido implementados por ambientalistas, organizaciones internacionales y gobiernos de varios países en las últimas décadas (Gómez, 2021).

Sin embargo, recientemente se ha implementado un nuevo indicador ambiental compuesto para medir el deterioro ambiental, el cual es más completo y basado en el consumo, es denominado “Huella ecológica”, fue propuesto por Reyes (1992) y mejorado por Wackernagel (1994), Wackernagel y Rees (1996). La Huella ecológica es un indicador integral de sostenibilidad que se explica “como una medida de cuánta área de tierra y agua biológicamente productiva requiere un individuo, población o actividad para producir todos los recursos que consume y absorber los desechos que genera utilizando la tecnología y las prácticas de gestión de recursos

predominantes” (GFN, 2022). Este es un nuevo instrumento científico de presión ambiental y mide la sustentabilidad ambiental considerando seis componentes de las áreas productivas; tierra edificada, tierra agrícola, áreas forestales, zonas de pesca, tierras de pastoreo y demanda de carbono de la tierra (GFN, 2022).

De acuerdo con datos de GFN, los principales países con mayor huella ecológica total (Véase tabla 1), son China, Estados Unidos de América, India, Rusia, Japón, Brasil, Indonesia, Alemania, República de Corea y México respectivamente, en donde México se encuentra en uno de los principales países con mayor huella ecológica a nivel mundial.

Tabla 1. Países clasificados por huella ecológica total (hectáreas globales)

China	5,540,000,000
Estados Unidos de América	2,660,000,000
India	1,640,000,000
Rusia	774,000,000
Japón	586,000,000
Brasil	542,000,000
Indonesia	460,000,000
Alemania	388,000,000
República de Corea	323,000,000
México	301,000,000

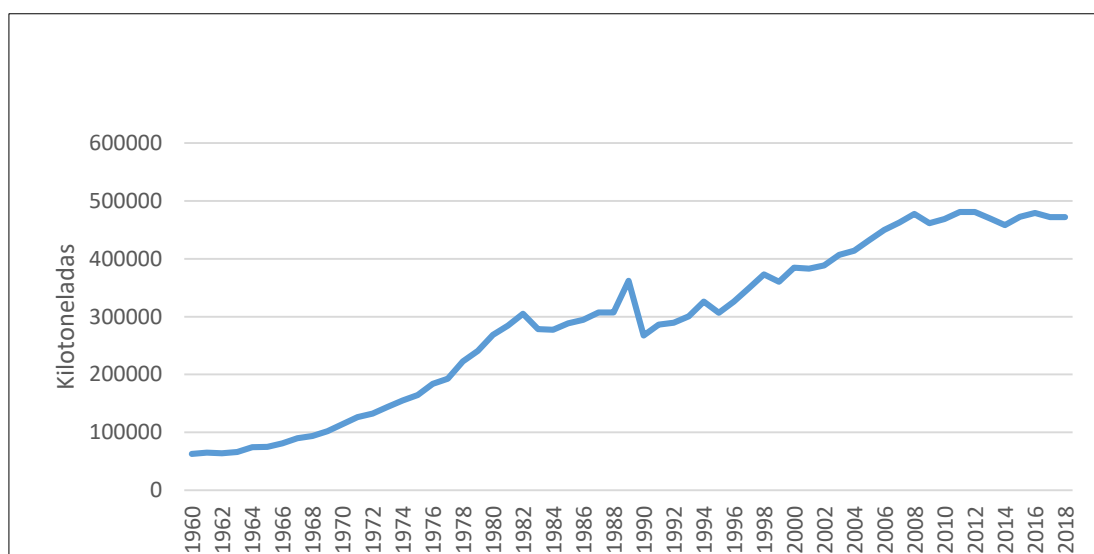
Fuente: Elaboración propia con datos de Global Footprint Network (GFN), 2022.

México se ha convertido en un país interesante para analizar, ya que, es el segundo país con más tratados internacionales en el mundo, se caracteriza por contar con

una gran biodiversidad y recursos naturales, y por pasar de una economía proteccionista a una economía de gran apertura económica (López, 2011).

De acuerdo con datos del Banco Mundial se puede apreciar la evolución que han tenido las CO₂ para el caso de México durante el periodo del 1960-2018 (véase gráfica 1), se puede observar que a principios de los años 60 estas emisiones tienen una tendencia creciente, para el año de 1990 disminuyeron significativamente, posteriormente siguieron creciendo hasta 2008, mientras que en los últimos 10 años estas emisiones se mantuvieron con una tendencia constante.

Gráfica 1. Emisiones de CO₂ (Kt) en México durante el periodo de 1960-2018



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial, 2022.

Estas CO₂ pueden estar relacionadas estrechamente con ciertas variables que empíricamente se han analizado de manera separada, es decir, el consumo de energía, el comercio y el crecimiento económico, entre otras.

La interacción entre crecimiento económico y el medio ambiente es un tema poco estudiado y en particular, no existe un análisis tan desarrollado para el caso de México, existe evidencia de los estudios empíricos de trabajos pioneros que estudian la relación entre el crecimiento económico y la contaminación ambiental como el caso de los autores Grossman y Krueger, 1991, para lo que consideraron

42 países durante los años 1977, 1982 y 1988 (incluido México), encontrando una estrecha relación entre estas dos variables (Gómez & Rodríguez, 2019).

Se ha argumentado que la producción económica, el comercio y el consumo de energía tienden a moverse juntos a lo largo del tiempo y, a medida en que los países de todo el mundo continúan creciendo y desarrollándose, existe un interés en aprender más sobre la interacción dinámica entre estas variables (Segura, Losada, & Cebay, 2021).

Se ha confirmado que el crecimiento económico permite proporcionar a los ciudadanos mejores niveles de consumo, y puede brindar beneficios como acceso a los servicios de salud, la educación, mayor esperanza de vida, y aumento de las pensiones públicas para los jubilados, entre otros beneficios, sin embargo, este aumento de crecimiento está relacionado con el deterioro ambiental, es decir, ignorar el descuido del medio ambiente amenaza con disminuir la calidad de vida (o en su defecto terminar con ella), sino que pone en riesgo el tan apreciado crecimiento económico que sustenta la sociedad actual (Tello, 2009).

Por lo tanto, es importante analizar esta relación existente entre el deterioro ambiental y sus principales determinantes ya que ofrecerá información clave sobre cómo interactúan el crecimiento económico, la degradación ambiental, el consumo de energía y el comercio y, por lo tanto, es útil para guiar la política económica, energética y ambiental dentro del país.

Para fines de esta investigación se espera que las variables explicativas: crecimiento económico, consumo de energía, índice de GINI, las TIC tengan una relación positiva frente a la variable dependiente, mientras que para la variable comercio se espera que tenga una relación negativa.

De acuerdo a lo antes mencionado, en esta investigación se plantea estudiar de qué manera el crecimiento económico, consumo de energía, el índice de GINI, las TIC y comercio han afectado al deterioro ambiental de México. Lo que se expresa en las preguntas presentadas a continuación.

1.2 Preguntas de la Investigación

1.2.1 Pregunta General

¿Cuáles son las variables que afectaron al deterioro ambiental de México en el periodo de 1988-2018?

1.2.2 Preguntas Específicas

1. ¿De qué manera influye el crecimiento económico en el deterioro ambiental de México durante el periodo 1988-2018?
2. ¿De qué forma impactan el consumo de energía en el deterioro ambiental de México durante el periodo 1988-2018?
3. ¿Cómo impacta el índice de GINI en el deterioro ambiental de México durante el periodo 1988-2018?
4. ¿En qué medida influyen las TIC en el deterioro ambiental de México durante el periodo 1988-2018?
5. ¿Qué impacto tiene el comercio en el deterioro ambiental de México durante el periodo de 1988-2018?

1.3 Objetivo de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Conocer las variables que influyeron en el deterioro ambiental de México durante el periodo de 1988-2018.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Identificar de qué manera influye el crecimiento económico en el deterioro ambiental de México durante el periodo 1988-2018.
2. Conocer el impacto del consumo de energía en el deterioro ambiental de México durante el periodo 1988-2018.
3. Determinar la influencia que ha tenido el índice de GINI en el deterioro ambiental en México durante el periodo 1988-2018.

4. Analizar el impacto de las TIC en el deterioro ambiental México durante el periodo 1988-2018.
5. Identificar de qué manera impacta el comercio en el deterioro ambiental de México durante el periodo 1988-2018.

1.4 Justificación

En este apartado se abordará la trascendencia de la presente investigación, la relevancia que tendrá ante la sociedad, las implicaciones prácticas, el valor teórico, la utilidad metodológica de la investigación, el horizonte temporal y espacial y finalmente la viabilidad de la investigación.

1.4.1 Trascendencia

1.4.1.1 Conveniencia

Es importante destacar que el crecimiento económico de un país es la única vía para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, pero también es uno de los desafíos más grandes que tienen los países con el medio ambiente, ya que ha tenido un crecimiento en los últimos años tanto a nivel país y mundial, por lo que es de gran importancia el llevarse a cabo esta investigación ya que se conseguirá identificar los principales factores que influyen en el deterioro ambiental de México, y así poder realizar aportaciones para las políticas tanto públicas como ambientales, y de igual manera aportar información crucial para poder identificar las causas de este deterioro ambiental.

1.4.1.2 Relevancia Social

Los beneficiados de este estudio son principalmente la población de México y los creadores de nuevas políticas tanto comerciales como ambientales, ya que una vez hecho el análisis e interpretación de los resultados se podrá identificar qué es lo que determina al deterioro ambiental en México y así poder tomar decisiones más drásticas en cuestiones medioambientales con mejores resultados.

1.4.1.3 Implicaciones Prácticas

La presente investigación tiene como objetivo general conocer las variables que han incidido en el deterioro ambiental en México, una vez obtenido los resultados de la presente investigación estos servirán de apoyo a todos los interesados en temas medioambientales y creadores de políticas efectivas para México, y de esta manera aportar elementos necesarios para poder tomar decisiones acertadas en ámbito del medio ambiente.

1.4.1.4 Valor Teórico

Una vez analizados los resultados obtenidos de la investigación se podrá conocer con mayor precisión el comportamiento de las variables de estudio que influyen en el deterioro ambiental, así como también la relación que existe entre las variables. Y al término del estudio se generen ideas, recomendaciones que den pauta para nuevos estudios futuros respecto de este.

1.4.1.5 Utilidad Metodológica

En la presente investigación se llevará a cabo un análisis de las principales variables que inciden en las CO₂, a través de un modelo econométrico en el cual se analizarán el papel de cada variable incluida en la investigación, el cual se limitará solamente al país de México.

1.5 Horizonte Temporal y Espacial

La presente investigación sobre las CO₂, tiene como horizonte temporal, en el periodo comprendido que se realizará el trabajo será durante 1988-2018, mientras que el horizonte espacial será comprendido específicamente para México.

1.6 Viabilidad de la Investigación

Es importante destacar que la presente investigación se llevará a cabo mediante un modelo econométrico y la viabilidad del proyecto se verá reflejada con base en la información disponible de las diferentes fuentes oficiales nacionales e internacionales.

1.7 Hipótesis de la Investigación

1.7.1 Hipótesis General

Las variables crecimiento económico, consumo de energía, índice de GINI, las TIC y comercio afectaron el deterioro ambiental en México durante el periodo de 1988-2018.

1.7.2 Hipótesis Específicas

1. El crecimiento económico influye positivamente en el deterioro ambiental en México durante el periodo de 1988-2018.
2. El consumo de energía impacta de forma positiva en el deterioro ambiental en México durante el periodo de 1988-2018.
3. El índice de GINI afecta positivamente en el deterioro ambiental en México durante el periodo de 1988-2018.
4. Las TIC influyen positivamente en el deterioro ambiental en México durante el periodo de 1988-2018.
5. El comercio afecta negativamente en el deterioro ambiental en México durante el periodo de 1988-2018.

1.8 Identificación de Variables

1.8.1 Variable Dependiente

- Deterioro ambiental

1.8.2 Variables Independientes

- Crecimiento económico
- Consumo de energía
- Índice de GINI
- Las TIC
- Comercio

1.9 Instrumentos

En la presente investigación se llevará a cabo un modelo econométrico, en el cual para recaudar los datos se recurrió a fuentes internacionales como el Banco Mundial, así, como a fuentes nacionales como la Secretaría de Energía (SEDER), de igual manera se utilizarán herramientas de programas especiales como el EViews en donde se procesaran todos los datos recaudados de las diferentes variables que se utilizaran en la investigación.

1.10 Alcances y Limitaciones de Investigación

La investigación presente tendrá un alcance nacional específicamente se analizará todo el país, en este caso México, en el cual se hará un análisis de las principales variables que inciden en el deterioro ambiental, en el cual se realizará un modelo econométrico y se recurrirá a fuentes nacionales como internacionales para la recuperación de los datos.

Una de las principales limitaciones que se pueden presentar en el trayecto del trabajo de la investigación es el periodo a investigar ya que deja momentos sin exploración, sin embargo, el periodo de estudio se consideró por la disponibilidad de los datos tanto en fuentes nacionales como internacionales, algunos otros indicadores que pueden afectar al deterioro ambiental y finalmente el trabajar con datos anuales serian algunas de las limitaciones que se puede enfrentar la presente investigación.

CAPÍTULO II:

MARCO CONTEXTUAL

En este capítulo se aborda un panorama amplio del grado de deterioro ambiental de México y el mundo, en este caso utilizando la dinámica de las CO₂ como indicador de este deterioro para el periodo 1988-2018.

2.1 Aspectos Generales

De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2016), la degradación ambiental se expresa como el agotamiento de los recursos naturales como el aire, el agua, el suelo y la cubierta del suelo, lo que conduce a la destrucción de los ecosistemas y la extinción de la vida silvestre (Vega, García, & Francois, 2020). Donde los procesos de degradación ambiental pueden ser de origen natural o ser causados por las actividades humanas (Ibídem).

Hoy en la actualidad, organizaciones internacionales reconocen la degradación ambiental como una de las principales amenazas que afectan el planeta y comprometen la existencia de miles de especies, incluyendo la humana. La actual tendencia hacia al deterioro ambiental obliga a contar con un monitoreo de los recursos naturales para identificar las áreas con condiciones críticas (Zurrita A. , Badii, Guillen, Serrato, & Garnica, 2015).

2.1.1 Factores que Causan la Degradación Ambiental en México

Para poder comprender las implicaciones de la degradación ambiental, es preciso examinar las causas que ocasiona esta degradación. Esto se debe a que está directamente relacionado con cómo el territorio desarrolla ocupaciones económicas, y cómo se utilizan los procedimientos empleados para explotar los recursos naturales (Zurrita, Badii, Guillen, Lugo & Aguilar, 2015).

Tal como lo menciona Zurrita *et al* (2015), los recursos naturales afectados son: el agua, el aire y la tierra; siendo el crecimiento de la población y urbanización,

actividades agrícolas, ganadería, y pesca, el transporte, la industria y la tala inmoderada de bosques que causan la degradación ambiental.

Los recursos naturales afectados son:

- ✓ **El agua:** La escasez, la contaminación y el mal uso son los grandes problemas del agua. La calidad del agua se ve afectada por diversos componentes como el uso del suelo, la producción industrial y agrícola, de él depende el proceso que produce a su descarga en los cuerpos de agua, y la cantidad misma en ríos y lagos, ya que de ésta depende su capacidad de purificación. En los países en desarrollo de todo el mundo menos del 10% del agua se destina al proceso. México está en una posición mejor con una cifra cercana a 20%, considerando los dos tipos de descargas: urbanas e industriales, esto significa que la mayor parte del líquido se vierte a ríos, lagos u océanos sin un tratamiento previo, lo que provoca su contaminación y, por lo tanto una reducción del agua disponible para su uso.

- ✓ **El aire:** La calidad del aire en una zona determinada, además de estar influenciada por componentes climáticos y geográficos, la calidad del viento en una región definida tiene una interacción directa con la cantidad de contaminantes emitidos localmente a la atmósfera.

Se entiende por contaminación del aire la presencia en el viento de materiales o formas de energía que impliquen peligro, daños o molestias graves para las personas y bienes de cualquier naturaleza y que lleguen o puedan atacar a diversos materiales, reducir la visibilidad o generar olores desagradables.

Los principales mecanismos de contaminación del aire atmosférico son los procesos industriales asociados a la quema de combustibles, tanto en la industria como en los automóviles, y la calefacción residencial, que liberan dióxido y monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y azufre, entre otros contaminantes. Asimismo, diversas industrias emiten gases nocivos en sus procesos de fabricación, como el cloro o los hidrocarburos que no han pasado por una combustión completa.

- ✓ **La tierra:** Después de que el suelo es erosionado por las fuerzas de fricción del agua o el aire o degradado física o químicamente, es difícil y costoso restaurarlo o, incluso, mejorar sus propiedades, por lo que es frágil y no puede ser renovable. Considerado un recurso natural, el suelo realiza un conjunto de funciones importantes ambientales como económicas, sociales y culturales que son fundamentales para la vida. Es necesario para la producción de alimentos y el crecimiento de las plantas, almacena minerales, materia orgánica, agua y otros productos químicos y participa en su transformación; sirve como filtro natural para las aguas subterráneas; es el hábitat de una gran cantidad de organismos; proporciona materias primas para el trabajo (arcilla, arena, minerales, etc.) y es parte integral del patrimonio paisajístico y cultural. La creciente demanda de alimentos para una población creciente y con patrones de consumo más intensos es fuente de gran presión tanto sobre los ecosistemas naturales (para convertir en tierras agrícolas o ganaderas), como sobre las tierras ya destinadas a estas ocupaciones productivas, que favorecen la destrucción del suelo.

Factores que causan la degradación ambiental son:

- ✓ **El crecimiento de población y urbanización:** Los vínculos entre las personas, el medio ambiente y los recursos naturales todavía se miden por varios componentes. El crecimiento demográfico se está acelerando, y la distribución desigual de la población en la región, interactuando con las desigualdades sociales y regionales, los patrones de ingreso y uso de los recursos naturales, las tecnologías utilizadas para la explotación y el consumo actuales, ejercen una fuerte presión sobre el medio ambiente y los recursos naturales.

La ciudad necesita agua, alimentos y energía para mantener sus procesos del día a día. El consumo o transformación de bienes y servicios en las ciudades genera grandes cantidades de residuos sólidos y líquidos, así como contaminantes atmosféricos, que afectan los ecosistemas locales y remotos.

El área necesaria para la existencia de un asentamiento urbano forma lo que se denomina su "huella ecológica".

El proceso de urbanización de la población también genera efectos culturales, entre ellos el cambio de hábitos de consumo y el alojamiento de los ciudadanos de su entorno natural. En el medio urbano se pierde la transparencia de las relaciones con los bienes y servicios ambientales de los ecosistemas naturales.

- ✓ **Actividades agrícolas, ganadería y pesca:** La degradación ambiental impacta directamente en la crisis del campo, mientras que las malas prácticas agrícolas a su vez contribuyen a degradar aún más los ecosistemas y la calidad de vida de los agricultores. A nivel mundial, la agricultura contribuye de manera directa entre el 10 y el 12 por ciento de las emisiones de gases de efecto invernadero, ya que los suelos agrícolas y la ganadería emiten grandes cantidades de gases a la atmósfera. Indirectamente, representa del 17 al 20 por ciento debido al uso de combustibles fósiles para el trabajo agrícola, la producción de agroquímicos y la conversión de tierras para el cultivo.

Sin embargo, la pesca insostenible tiene impactos ambientales adversos en la conservación de la pesca misma y de los ecosistemas acuáticos. Aquí entran en juego varios factores, incluido el crecimiento excesivo de la capacidad pesquera, las capturas ocasionales de especies asociadas y la atención insuficiente que se presta, entre otras cosas, a las capturas de las flotas de otros países en aguas patrimoniales, entre otros.

- ✓ **Transporte:** El transporte está asociado a diversos problemas ambientales, entre ellos: la emisión de contaminantes atmosféricos; la generación de residuos como aceites, lubricantes, llantas, chatarra y la generación de ruido. Las actividades relacionadas con el transporte representan la fuente más importante de contaminación del aire, especialmente en los grandes asentamientos humanos. Esto queda claro con el ejemplo de México, donde la flota de vehículos está creciendo incluso más rápido que la población.

- ✓ **Industria:** Dentro de los asentamientos urbanos, la actividad industrial se encuentra entre las que tienen mayor impacto ambiental. De acuerdo con los patrones históricos que han dictado la ubicación de la industria donde se disponía de la mano de obra necesaria y al mismo tiempo se encontraban mercados para los productos manufacturados, las actividades industriales tendieron a concentrarse en las ciudades, preferentemente en las grandes ciudades.

Rápidamente se revelaron los impactos ambientales de esta concentración: generación de residuos sólidos, líquidos y gaseosos con la consecuente contaminación de suelo, agua y aire, así como generación de daño o amenaza de daño por actividades que pueden calificarse como de alto riesgo y del manejo de materiales y de residuos peligrosos. La relación entre la industria y el medio ambiente ha cambiado pero persiste en muchas partes, particularmente en países en desarrollo como México, centros industriales que plantean problemas clásicos de la contaminación industrial. A estos problemas de contaminación se suman otros, como las presiones sobre los recursos naturales, especialmente los recursos energéticos.

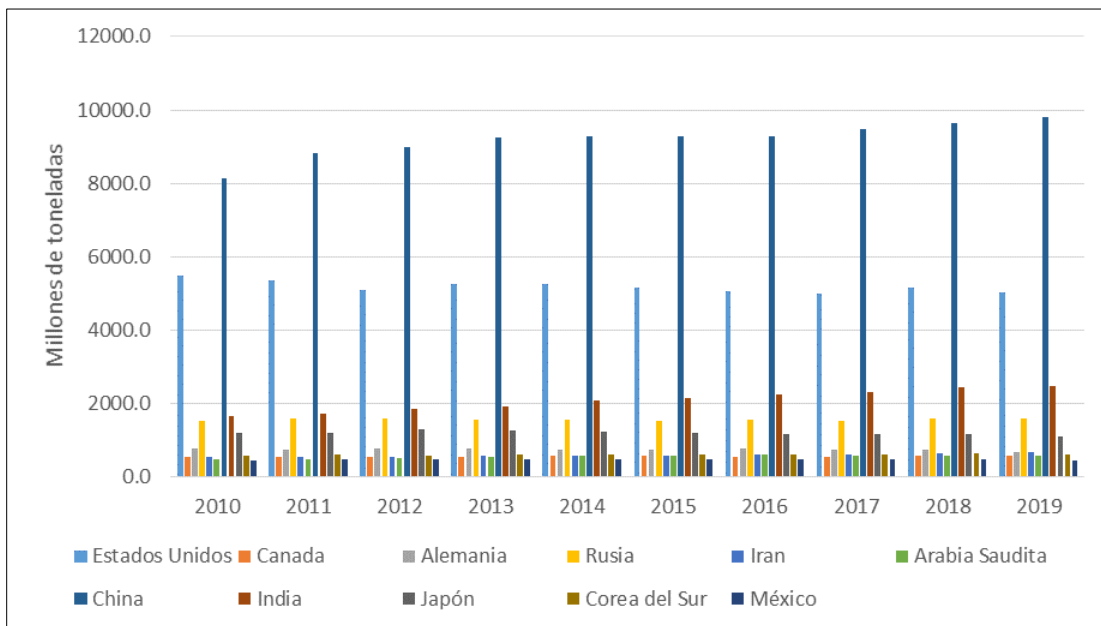
- ✓ **Tala inmoderada de bosques:** En el cálculo de este impacto ambiental deberán incluirse los relacionados con las actividades forestales, si se realizan de forma no sostenible. El proceso de deforestación produce importantes efectos ambientales negativos, los cuales están relacionados con el régimen hídrico y el régimen del suelo, así como con la conservación de la biodiversidad y con el régimen climático, por mencionar sólo las principales consecuencias de la deforestación. La explotación forestal descontrolada como el desmonte ilegal con el fin de cambiar el uso del suelo es responsable del 90% de la deforestación en México, mientras que los incendios, la tala clandestina y las plagas forestales son otras causas de la deforestación. La perturbación de los ecosistemas forestales provoca cambios en la composición de la vegetación natural producidos por agentes destructivos e incluye la deforestación, la degradación y perturbación. La deforestación como uno de los principales impactos ambientales se

considera como un cambio de uso de suelo de bosque a no bosques dentro de un cierto período de tiempo, también se puede expresar como la remoción total de áreas boscosas para ser utilizadas como uso de suelo no forestal.

2.2 México y los Principales Países con más Contaminación Ambiental

Dentro de los principales países con mayor contaminación por CO₂ durante el periodo 2010-2019 a nivel mundial se encuentran países como: China, Estados Unidos, India, Rusia, Japón, Irán, Alemania, Corea del Sur, Arabia Saudita y Canadá respectivamente (véase gráfica 3), para el año 2017 México alcanzó casi los 500 millones de toneladas de CO₂, con una cifra de 486 millones de toneladas, siendo China el país con mayor aportación en estas CO₂, en 2019 registro su cifra más alta durante este periodo alcanzando 9,810 millones de toneladas de CO₂.

Gráfica 2. Contaminación mundial de CO₂ en el periodo 2010-2019

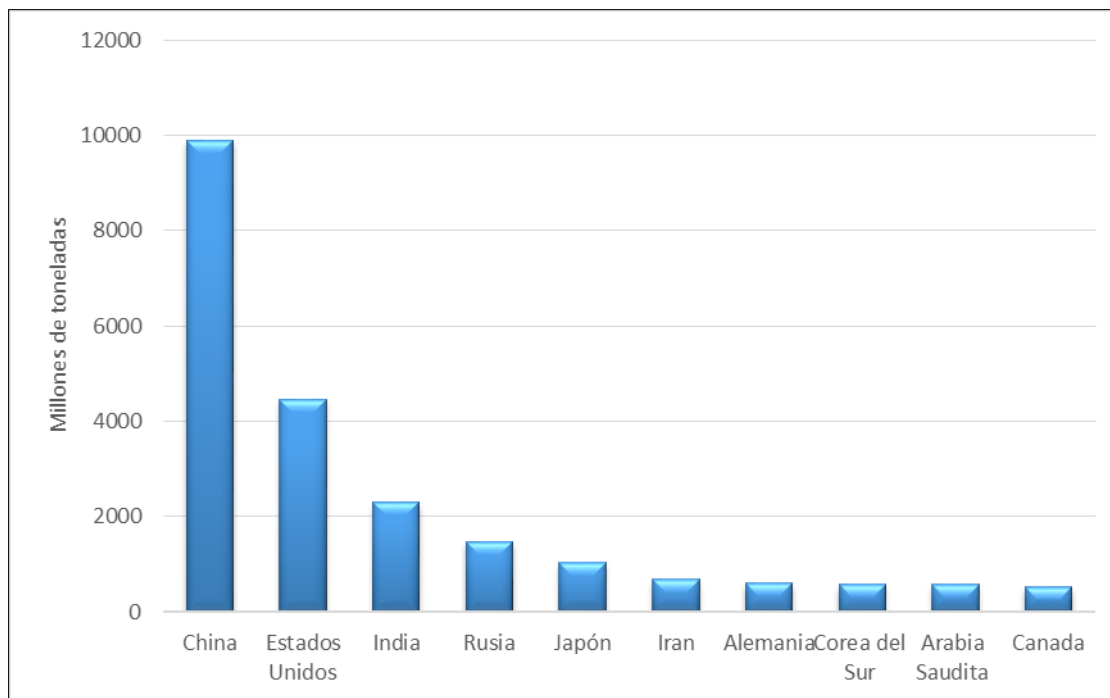


Fuente: Elaboración propia con datos de BP Statistical Review of World Energy, 2022.

En 2020, se registraron cifras de más de 32 millones de toneladas de CO₂ en la atmósfera, dentro de los países que más emitieron CO₂ a nivel mundial, tres países fueron los principales países con más CO₂ son, no sorprendentemente, los tres

países más industrializados del mundo: China, Estados Unidos e India, estos países forman parte de los principales países con mayor contaminación a nivel mundial.

Gráfica 3. Contaminación Mundial de CO₂ en 2020



Fuente: Elaboración propia con datos de BP Statistical Review of World Energy, 2022.

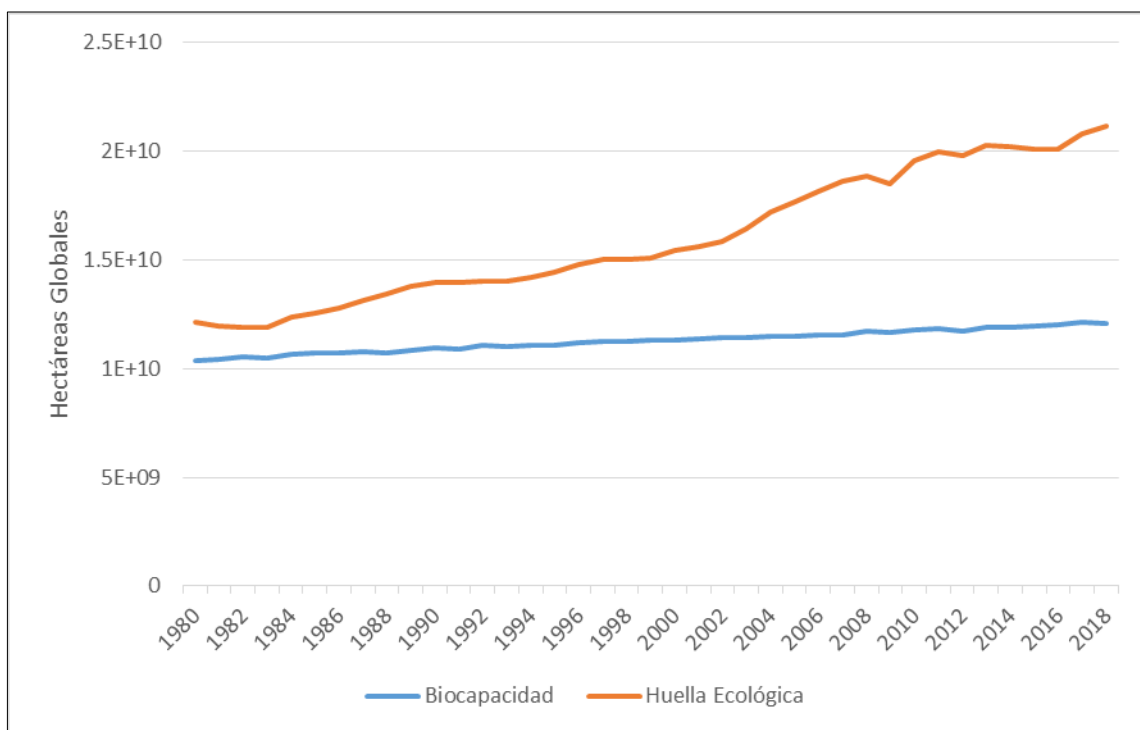
De esta manera se puede dar un panorama amplio de donde provienen la mayoría de las CO₂ a nivel mundial y cuáles son los principales países contaminantes del mundo, China es el país número uno con mayor aportación de CO₂ con más de 98 mil millones de toneladas de CO₂ para 2020, esto debido en gran parte a las exportaciones de bienes de consumo y su gran dependencia de carbón, mientras que Estados Unidos se encuentra en el segundo lugar con más de 4 mil millones de toneladas de CO₂, esto por ser la primera potencia industrial y comercial del mundo.

2.3 Huella Ecológica Mundial

La Huella Ecológica mide la demanda del consumo humano sobre la biosfera. Se mide en unidades estándar llamadas hg (GFN, 2022). Es un indicador de sustentabilidad desarrollada por William Rees y Malthis Wackernagel a mediados de la década de los noventa, para identificar el grado de impacto por determinada persona, región, ciudad o país sobre el ambiente, mientras que las principales

actividades que han influido en el crecimiento de la huella ecológica mundial son: la quema de combustible fósiles, la agricultura y finalmente la ganadería (SEMARNAT, 2013).

Gráfica 4. Huella ecológica mundial durante el periodo 1980-2018



Fuente: Elaboración propia con datos de Global Footprint Network (GFN), 2022.

Es impresionante poder observar la evolución que ha tenido la huella ecológica en comparación con la biocapacidad del planeta en los últimos 38 años, claramente se puede visualizar en la gráfica 5 que se está consumiendo más de lo que nuestro planeta puede proporcionar y que se olvida el hecho de que solo contamos con un valioso planeta.

De acuerdo con Global Footprint Network (2022), los principales diez países a nivel mundial que cuentan con una huella ecológica que exceden de su biocapacidad en 2020 son: Singapur, Reunión, Israel, Barbados, Chipre, Bahrein, Kuwait, Emiratos Árabes Unidos, Qatar y Arabia Saudita respectivamente (véase tabla 2).

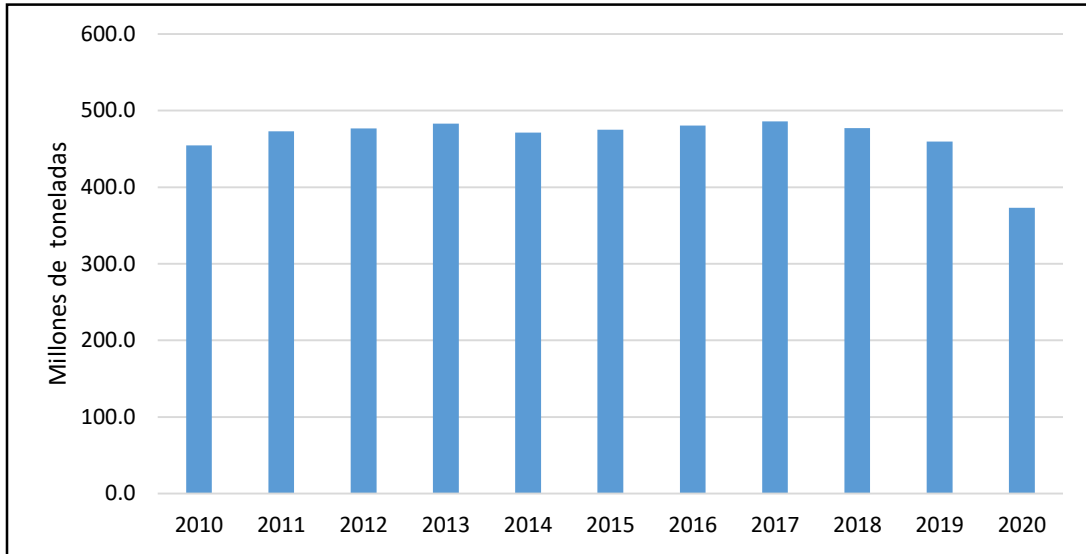
Singapur	10,400%
Reunión	2,540%
Israel	2,440%
Barbados	2,030%
Chipre	1,770%
Bahrein	1,660%
Kuwait	1,480%
Emiratos Árabes Unidos	1,470%
Qatar	1,450%
Arabia Saudita	1,110%

Fuente: Elaboración propia con datos de Global Footprint Network (GFN), 2022.

2.4 La Contaminación Ambiental en México

Para el caso de México la contaminación por CO₂ durante el periodo 2010-2020, se puede observar la evolución de estas emisiones en la gráfica 6, a principios de 2010 se registró una cifra de más de 450 mil millones de toneladas de CO₂, para los años 2011, 2012 y 2013 respectivamente fueron creciendo de manera significativa, sin embargo, para el 2017 estas emisiones registraron la cifra más alta durante el periodo analizado con una cifra de 486 mil millones de toneladas de CO₂, finalmente para el año 2020 estas emisiones tuvieron una disminución significativa teniendo un registro de 373 mil millones de toneladas, esto en gran medida por la crisis sanitaria mundial (COVID-19) durante ese año, en donde la mayoría de los países incluido México estuvieron en confinamiento durante algunos meses y por ende el transporte público y particular disminuyó significativamente, ya que la quema de combustible fósiles generan emisiones de gases de efecto invernadero en donde unos de los ejemplos de estas emisiones son por ejemplo el dióxido de carbono y el metano (UN, 2022).

Gráfica 5. Contaminación de CO2 en México durante el periodo de 2010-2020

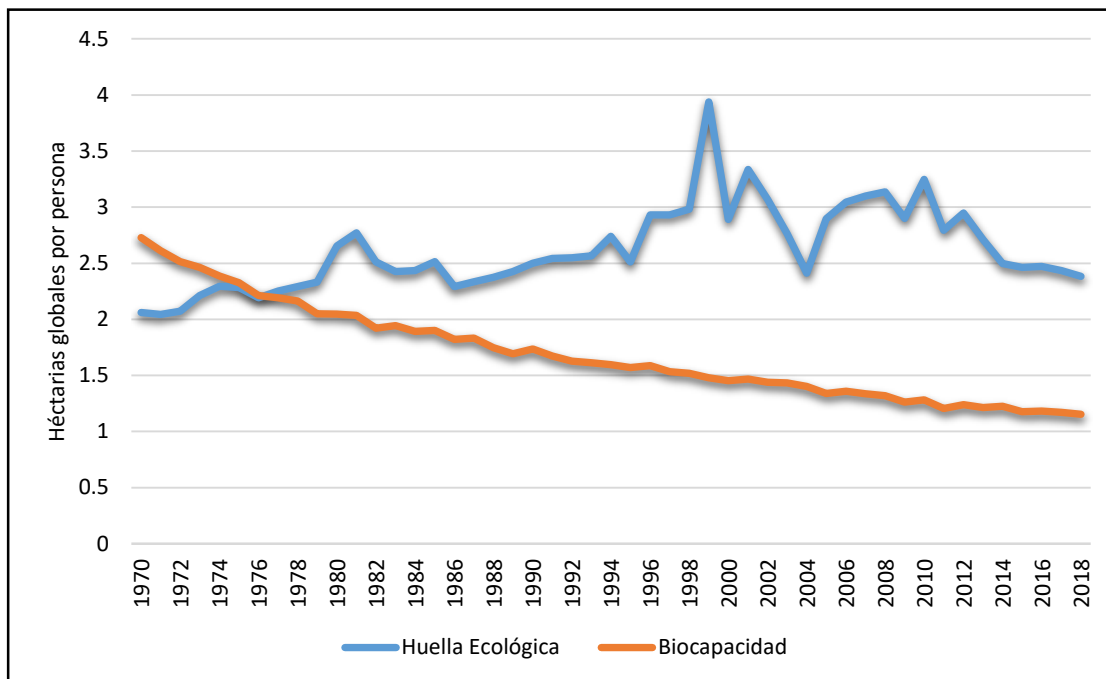


Fuente: Elaboración propia con datos de BP Statistical Review of World Energy, 2022.

2.5 Huella Ecológica en México

De acuerdo a Global Footprint Network (GFN), México forma parte de los diez principales países con mayor huella ecológica en 2020, en donde registro 301,000,000 hectáreas globales, en la gráfica 7 se puede visualizar el comportamiento entre la huella ecológica y la biocapacidad durante el periodo 1970-2018, para el año de 1970 la huella ecológica era de 2.02 hectáreas globales per cápita siendo esta cifra menor a la biocapacidad, mientras que para el año de 1999 esta huella registro la cifra más alta con 3.93 hectáreas globales por persona, sin embargo, para 2004 disminuyo registrando 2.41 hectáreas globales por persona (GFN, 2022).

Gráfica 6. Huella Ecológica vs Biocapacidad en México en el periodo 1970-2018

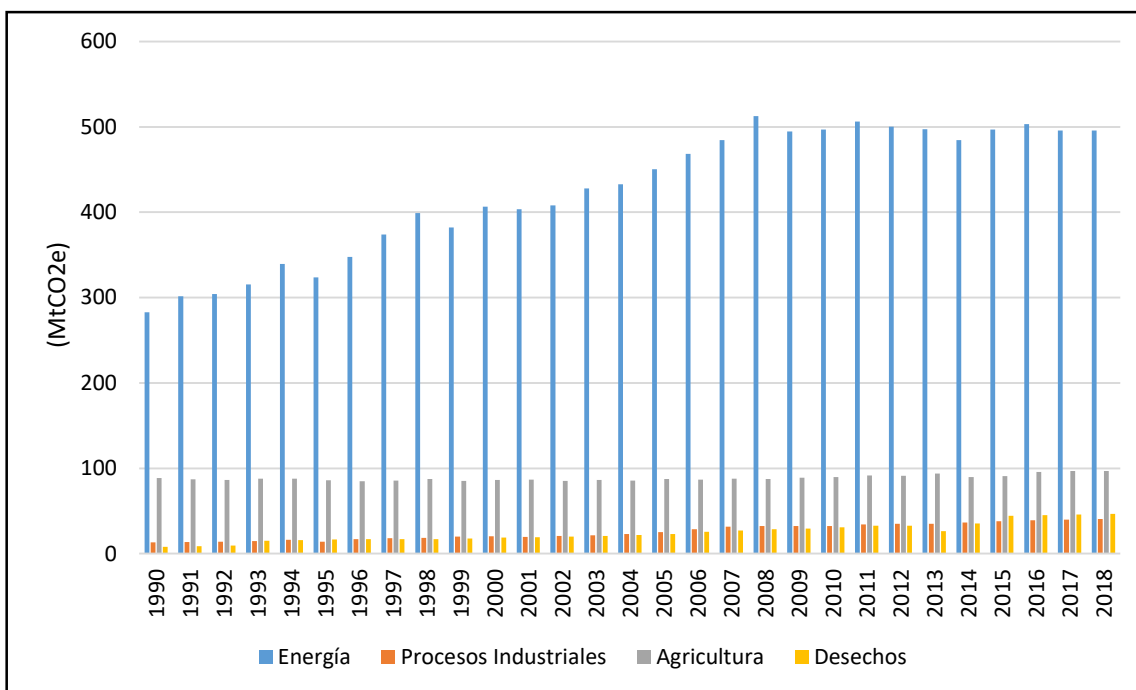


Fuente: Elaboración propia con datos de Global Footprint Network (GFN), 2022.

En la gráfica 7 se muestra las emisiones de gases de efecto invernadero por sector para el caso de México (excluyendo cambio de uso de suelo y silvicultura), los principales sectores que más emiten emisiones GEI, principalmente se encuentra el de sector de energía como el principal emisor de GEI durante el periodo de 1990-2018, seguido de la agricultura, procesos industriales y finalmente pero no menos importante los desechos.

De acuerdo a CEPALSTAT (2022), el sector de energía para el año 2008 registro la cifra más elevada durante el periodo analizado (véase gráfica 8), con 513 millones de toneladas equivalentes de dióxido de carbono, por otro lado la agricultura este sector ha mantenido una dinámica estable durante este periodo en donde no supera los 100 millones de toneladas, mientras que los procesos industriales tienen una evolución ascendente a partir de los 90 y finalmente los desechos han tenido un comportamiento también ascendente (CEPALSTAT, 2022).

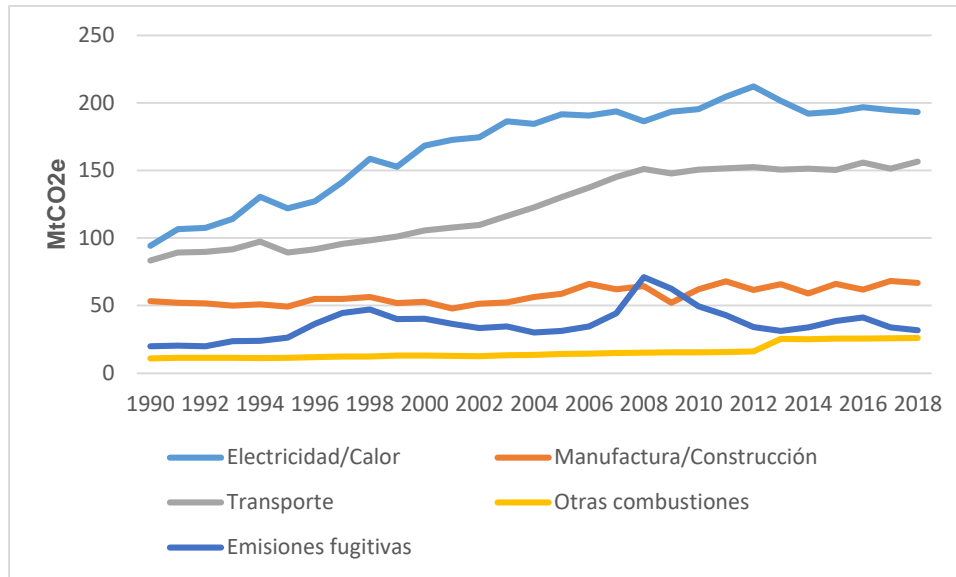
Gráfica 7. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por sector en México durante el periodo de 1990-2018



Fuente: Elaboración propia con datos de CEPALSTAT, 2022.

Dentro de los sectores que más emiten CO₂ en México, el sector de energía es el que más emisiones emite en términos de GEI, en la gráfica 8 se muestra de manera particular como se conforma este sector y que sub-sectores contemplan el sector energético. Está conformado por el sub-sector: electricidad/calor, transporte, emisiones fugitivas, manufactura/construcción y otras combustiones. En ese sentido el sub-sector de electricidad es el que más emiten CO₂, debido a que la mayoría de las emisiones de energía provienen principal mente de CO₂ ya que estas provienen de quema de combustible fósiles, sin embargo otras emisiones como CH₄ y N₂O pueden ser significativas, específicamente en el sub-sector de emisiones fugitivas.

Gráfica 8. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del sector energético en México durante el periodo 1990-2018



Fuente: Elaboración propia con datos de CEPALSTAT, 2022.

En gran medida, estas emisiones equivalentes de dióxido de carbono son en gran parte responsables del cambio climático, que, según las Naciones Unidas (ONU), son cambios a largo plazo tanto en la temperatura como en los patrones climáticos. Donde estos cambios pueden ser causados naturalmente, es debido a variaciones en el ciclo solar, sin embargo, desde el siglo XIX, la actividad humana ha sido el principal impulsor del cambio climático, en gran parte debido a la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas.

La quema de combustibles fósiles libera gases de efecto invernadero, que envuelven a la Tierra, y atrapan el calor del sol, elevando las temperaturas. Las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático son el dióxido de carbono y el metano. Algunos ejemplos que liberan emisiones de dióxido de carbono son el uso gasolina para conducir automóviles, la limpieza de tierras y bosques, y los vertederos de basura son una de las principales fuentes de emisiones de metano, en ese sentido, los principales emisores de gases de efecto invernadero son la energía, la industria, el transporte y la agricultura (UN, 2022).

CAPÍTULO III.

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se desarrollan elementos teóricos, mostrando las principales teorías que sustentan la presente investigación, en primera instancia la teoría de la Curva de Kuznets Ambiental (CKA), en segunda se exponen las diferentes teorías que respaldan las variables independientes.

En las últimas décadas se han realizado investigaciones en diversos países alrededor del mundo sobre la relación existente entre los indicadores de calidad ambiental y el crecimiento económico, concluyendo con base en estimaciones econométricas que en ciertos casos existe una relación entre estas variables en forma de U invertida que ha sido llamada CKA. La forma de U invertida significa que en las primeras etapas de desarrollo de un determinado país hay una pérdida en términos de calidad ambiental y esta, a su vez, se compensa con las ganancias que surgen una vez que se supera un determinado nivel de ingreso per cápita (Mendoza & Rodríguez, 2020).

3.1 Curva de Kuznets Ambiental

El crecimiento económico de un país está determinado por dos indicadores: por un lado los hogares y por otro lado las empresas. En este sentido, los hogares pueden consumir y satisfacer sus necesidades. Sin embargo, a medida que va aumentando la demanda de los hogares tanto de bienes como de servicios, para satisfacer estas necesidades, las empresas deberán aumentar la producción para satisfacer esas necesidades, lo que dará como resultado un mayor consumo de recursos naturales. Para Labandeira (2007), el uso excesivo de los recursos naturales conlleva a ciertos aumentos en la pobreza, pérdida de la fauna, destrucción de bosques, llevando a las economías a la triple relación entre “población, pobreza y medio ambiente” (Ibídem).

La existencia de esta relación entre crecimiento económico y degradación ambiental ha permitido el surgimiento de numerosas teorías, entre las que destaca la hipótesis de la CKA (Sánchez & Caballero, 2019).

En palabras de Caglar, Mert y Boluk (2021) “como se sabe, la CKA constituye la base teórica del deterioro ambiental y el dilema del crecimiento económico” (p. 1).

Esta hipótesis de la CKA fue abordada por Simon Kuznets en 1955 en su investigación titulada “*Economic Growth and Income Inequality*”, en donde estableció la relación existente entre el crecimiento económico y la desigualdad en el ingreso. El autor Kuznets encuentra que existe una relación en forma de “U” invertida a largo plazo entre estas dos variables crecimiento económico y la distribución del ingreso (Segura, Losada, & Cebay, 2021).

En su investigación Kuznets muestra que esta relación se puede explicar principalmente por tres factores, como indica Segura, Losada y Cebay (2020):

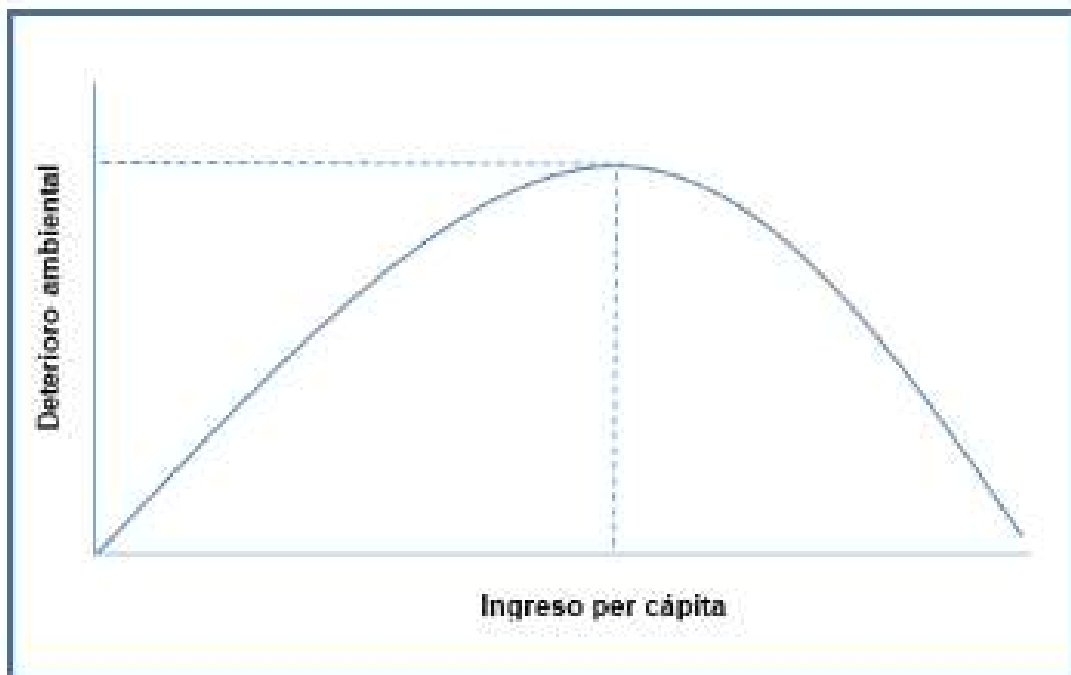
- **Estructura poblacional.** Los cambios en la estructura demográfica de los países desarrollados han llevado a una concentración de su población en las áreas urbanas, lo que se traduce en que la población se emplea en actividades que generan mejores ingresos y por ende un mayor crecimiento económico, lo que permite generar movilidad en la distribución del ingreso al aumentar la participación en el ingreso de los deciles más bajos.
- **Cambio en los sectores productivos.** Establece que los cambios en la estructura productiva a favor del sector industrial en relación con el sector agropecuario han llevado a un aumento del ingreso per cápita en toda la distribución del ingreso, principalmente para los deciles de menores ingresos. Este factor compensa el aumento de la desigualdad provocado por el aumento de la mano de obra “inmigrante” asociada al sector agrícola.
- **Concentración del ahorro.** La explotación del sector industrial a expensas de nuevas industrias, acompañada de cambios tecnológicos, genera un crecimiento de la productividad, lo que implica una mejora en la estructura del ingreso (trabajo y plusvalía), un aumento en la concentración del ahorro,

la acumulación de factores de producción y, en consecuencia, el crecimiento económico.

La CKA, propone que a medida de que existen crecimiento económico, el impacto o daño ambiental tendrá a incrementarse en una primera fase y posteriormente llegará a un equilibrio y disminuirá (véase figura 1).

El fundamento detrás de esta teoría muestra que en una economía en crecimiento, la relación entre la desigualdad de los ingresos y el ingreso per cápita promedio toma la forma de una curva en forma de U invertida, es decir, existe una relación funcional cóncava; esto significa que cuando la renta per cápita es baja, la desigualdad aumenta al mismo tiempo, pero tiende a disminuir por encima de un determinado nivel de renta (Grossman & Krueger, 1995).

Figura 1. Curva de Kuznets ambiental



Fuente: Elaboración propia en base a Dinda, (2004).

Como se muestra en la figura 1, la forma de U invertida es la relación entre la contaminación y el ingreso per cápita, los factores que intervienen detrás de esta forma de U invertida, es decir, la reducción de la contaminación se explica

principalmente por tres factores: cambios en la composición de la producción, es decir, cuando se detiene menos producción en la agricultura para producir más manufactura y posteriormente menos manufactura y más servicios, este cambio en la producción contribuye de manera diferente a la contaminación, en segundo lugar, tiene en cuenta la adopción de las tecnologías más avanzadas y, finalmente, tiene en cuenta una mayor demanda pública de protección ambiental (Grossman & Krueger, 1996).

Dicho lo anterior, esta hipótesis de CKA, pretende representar una relación con resultados a largo plazo entre dos variables, el impacto ambiental y el crecimiento económico. A medida que el desarrollo económico se acelera con la intensificación de la agricultura y la extracción de otros recursos, en la primera fase la tasa de agotamiento de los recursos comienza a exceder la tasa de producción de recursos, y la producción de desechos aumenta en cantidad y toxicidad mientras se vuelve estructural en etapas más altas de desarrollo, hacia las industrias y los servicios, junto con una mayor conciencia ambiental, el cumplimiento de las normas ambientales y una mejor implementación de la tecnología, está conduciendo a una nivelación y una disminución gradual de la degradación ambiental. Es ahí cuando los ingresos superan el punto de inflexión de CKA, y así es como comienza la transición para mejorar la calidad ambiental (Dinda, 2004).

La importancia de la CKA se debe a la gran cantidad de investigaciones realizadas a principios del siglo XXI. Donde su evidencia ha comenzado a mostrar que en los países desarrollados algunas medidas de la calidad de vida primero sufren daños ambientales y posteriormente mejoran, en este sentido, hay evidencia variante de que la degradación ambiental y los ingresos siguen la misma trayectoria de la U invertida, en donde se relaciona estrechamente la desigualdad del ingreso y el ingreso per cápita con la curva de Kuznets original.

La relación estadística de la CKA explica que con el desarrollo de la economía y los procesos industriales, el daño ambiental aumenta hasta alcanzar el límite del uso de los recursos naturales, y como consecuencia, se presentan mayores emisiones contaminantes, es decir, operar de manera ineficiente, y extenderse al

uso de tecnologías relativamente sucias. Este proceso de crecimiento económico continúa hasta que aumenta la esperanza de vida, mejorando la calidad del agua y el aire y proporcionando así un espacio vital más limpio y mejor valorado para las decisiones marginales de los individuos sobre el uso sus ingresos. Finalmente, después de alcanzar el estado “posindustrial”, se combinan tecnologías, información y los servicios, lo que tiene un efecto positivo en la mejora de la calidad del medio ambiente (López, Arreola, & Moreno, 2011).

El primer estudio significativo para validar la CKA fue realizado por los autores Grossman y Krueger en 1991, donde se aplicó esta hipótesis de la CKA para el caso del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). En este, encontraron que el crecimiento económico trae consigo una fase inicial de deterioro de la calidad del aire, seguida por una fase posterior de mejora. Otros estudios han confirmado los hallazgos de la CKA para diversos contaminantes del aire, entre los cuales vale la pena nombrar los de Shafik y Bandopadhyay (1992), Panayotou (1995), Cole, Rayner y Bates (1997) (Segura, Losada, & Cebay, 2021).

Grossman y Krueger (1995), establecieron un modelo entre la calidad ambiental y el crecimiento económico. En su trabajo argumentan que para valores de renta alta hay una mejora en la calidad del aire; también encontraron que el ingreso *per cápita* de México cayó cuando disminuía la calidad del aire. Cabe señalar que el trabajo de estos autores se llevó a cabo en el contexto de los debates que se referían al acuerdo del TLCAN. Al igual que sucedió en América del Norte, otros países comenzaron a abrir sus mercados y, en el caso de ciertas empresas, intentaron encontrar áreas con los estándares de calidad ambiental más bajos. En el trabajo muestra que en el caso particular de las empresas que salen de Estados Unidos y Canadá hacia México, lo hicieron principalmente debido a los estrictos estándares ambientales de esos dos países. Entre las propuestas de Grossman y Krueger, el argumento es que el aumento de los ingresos provenientes del comercio puede orientarse hacia la aplicación de controles ambientales más estrictos, es decir, el libre comercio debe proteger el medio ambiente. Para probar esta hipótesis, los autores aplican una metodología de panel transversal, tomando variables de varios

tamaños de socios comparables, una de las cuales es la contaminación del aire en varias áreas urbanas (López, Arreola, & Moreno, 2011).

3.2 Teoría Clásica del Crecimiento Económico

El modelo clásico en el que el economista Adam Smith (1776), señalaba que el crecimiento y el crecimiento económico de un país es posible a través de la división de trabajo en varios campos, ya sea producción, mano de obra, es decir, en tres sectores, primario, secundaria y terciaria, y porque para lograr este crecimiento en un determinado país, es a costa del el valor del trabajo productivo, es decir, de los trabajadores, donde cada trabajador tenía sus puestos de trabajo fijos y cada uno de ellos ponía en marcha sus respectivas maquinas, pues, por lo tanto, este crecimiento se logra, según Adam Smith, cuando lo que se producía con el establecimiento de las fábricas más lo que se producido en el campo, es decir, la agricultura, la ganadería como valor resultante del trabajo productivo, y, desde luego Inglaterra fue uno de los principales países que logró una gran producción industrial, por lo que tuvo excedentes de producción, es decir, pudo lograr satisfacer todas las necesidades de su nación, en ese sentido, al lograr alcanzar este abastecimiento interno y teniendo como excedente en su producción, este país logra comercializar en otros países y así obtener ganancias gracias a esta comercialización (Smith, 2017).

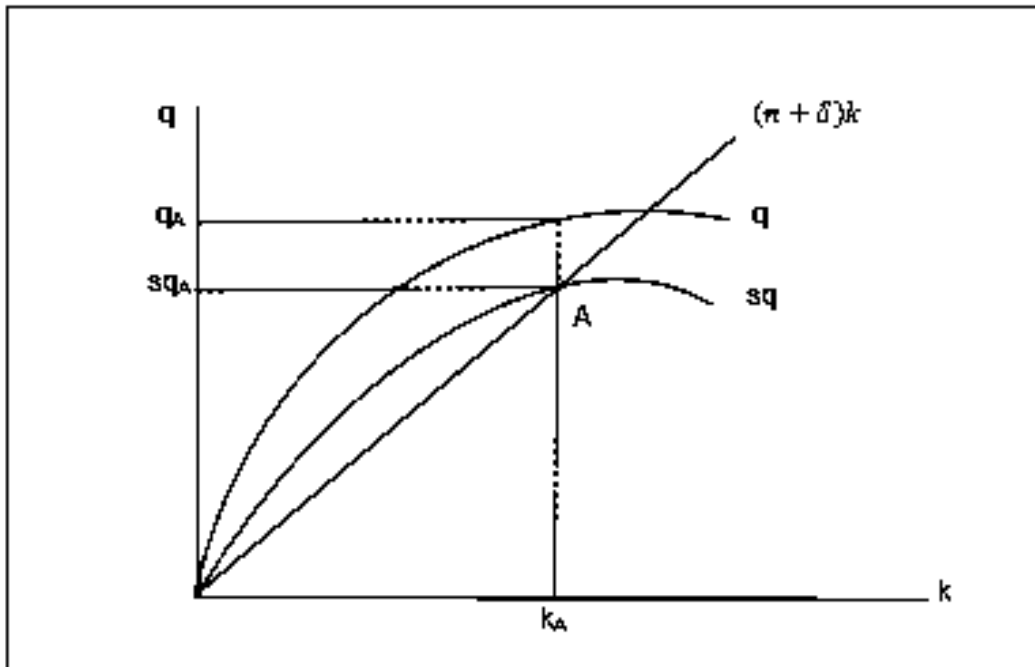
Posteriormente, David Ricardo (1817), menciona que existen países pobres y países ricos, en donde los países centrales han ayudado a impulsar a los países menos desarrollados, en decir, para generar más ganancia para estos países centrales, lo cual se hace a través de que las potencias centrales los “ayudan” comprando todos los producto básicos que ofrecen estos países pobres, en otras palabras todas sus materias primas que ofrecen, mientras que los países potenciales transforman esos productos básicos en productos manufacturados y posteriormente los ingresan a la venta con precios más altos a los países pobres, por lo que estos países centrales logran alcanzar crecimiento económico a través de estos países pobres (Ricardo, 1985).

3.3 Modelo de Crecimiento de Solow

A finales de los años 80 y principios de los 90 nació la teoría neoclásica del crecimiento, enfocada en la atención en el factor de acumulación de capital humano y su relación con el ahorro. El modelo también se conoce como teoría neoclásica del crecimiento, la cual fue desarrollada por Robert Solow (1956) en su contribución original a su modelo (Larraín & Sachs, 2013). Esta teoría parte del supuesto simplificador, de que donde no hay un progreso tecnológico, como se dijo anteriormente, esto implica que la economía alcanza un nivel tanto de producción como de capital en el largo plazo, lo que se denomina equilibrio de estado estacionario, este equilibrio, llamado estado estacionario, es la combinación del PIB per cápita y el capital per cápita en el que la economía está en un estado de reposo, es decir, una economía desarrollada, con un pequeño stock de capital por trabajador puede lograr un rápido crecimiento.

Parte de una función de producción en la que la producción está en función del capital de trabajo y de dos supuestos que la producción tiene rendimientos constantes a escala y el producto marginal tiene rendimientos decrecientes en primera instancia excluye el factor tecnológico para llegar al estado estacionario.

Figura 2. Equilibrio de la economía en estado estacionario



Fuente: Elaboración propia en base a Larraín y Sanchs (2013).

El stock de capital está influenciado por las nuevas inversiones y la depreciación, es decir, el ingreso está en función del consumo actual como del consumo futuro y este es el ahorro y todo ahorro se va destinado a la inversión, en donde estas nuevas inversiones se agregan al stock de capital, pero estas nuevas inversiones deben ser mayores al nivel de depreciación es ahí donde se genera el equilibrio en donde hay una intersección con el ahorro y el capital, es decir en ese punto de equilibrio es donde la producción de la economía deja de crecer y es donde la economía está en un estado estacionario, en el cual la depreciación y las nuevas inversiones son iguales a cero, es decir, no hay un crecimiento económico, en donde en el modelo de Solow muestra el punto de equilibrio, en donde el cual la economía está en equilibrio y después de este punto ya no puede crecer simplemente se mantiene la economía, sin embargo, cuando se agrega el factor tecnológico esta economía ya no puede crecer, pero si puede desplazar, en donde el papel de la tecnología hace que no se mueva pero si incrementar es donde puede haber crecimiento económico con el factor tecnológico. Sin embargo, los modelos

originales no dieron explicación de cómo estas mejoras en la tecnología se concretarían.

3.4 Teorías del Comercio Internacional

➤ Mercantilismo

El mercantilismo es el primer estudio del comercio, sin embargo, hace tiempo que se establecieron sus limitantes. Posteriormente, estas ideas del mercantilismo fueron cuestionadas por los nuevos pensadores económicos clásicos, como David Ricardo y Adam Smith, quienes son muy importantes en la actualidad, y que son necesarios para brindar la base teórica de la presente investigación (Appleyard & Field, 2014).

En el centro del pensamiento mercantilista estaba la preocupación por el Estado, sujeto y objeto de la política económica. El mercantilismo asume que la prosperidad de un estado depende de su capital y que el volumen global del comercio mundial es inmutable. El capital, representado por los metales preciosos (principalmente el oro) de propiedad del estado, se incrementa mediante saldos de la balanza comercial positiva con otras naciones (Ibídem).

Para los mercantilistas era muy importante que la riqueza nacional se reflejara en la posesión de metales preciosos (especialmente oro), este enfoque tenía una visión estática de los recursos mundiales, es decir, no tomaba en cuenta a los recursos naturales, de la misma manera los mercantilistas al igual que los autores clásicos, utilizaron la teoría de valor-trabajo, según la cual los bienes se valoran relativamente sobre la base de su contenido relativo de trabajo. Por otro lado, en este enfoque, los mercantilistas enfatizan la necesidad de mantener una balanza comercial positiva, es decir, el tener exceso de exportaciones sobre las importaciones (Appleyard & Field, 2014).

3.4.1 Teorías Clásicas del Comercio Internacional

➤ Teoría de la Ventaja Absoluta (Adam Smith)

Para Adam Smith la riqueza de una nación no era la posesión de metales preciosos como lo era para los mercantilistas, Smith, percibió que la riqueza de una nación está reflejada a través de su capacidad productiva, es decir, su habilidad para producir bienes y servicios finales. Por lo que dejó a un lado la idea de adquirir especies para dedicarse a aumentar la producción de bienes y servicios (Ibídem).

Adam Smith tenía la idea de que la actividad económica de un país se debería de especializar y que deberían de hacer intercambio entre países, por lo que, si un país se especializa tendría que exportar aquellos bienes donde tuviera ventaja absoluta y como consecuencia importar bienes donde el socio comercial tuviera ventaja absoluta. Por lo que cada país debería de exportar aquellos bienes que produjeran más eficientemente (Appleyard & Field, 2014).

➤ Teoría de la Ventaja Comparativa (David Ricardo)

A finales del siglo XVIII, el mercantilismo era cuestionado cada vez más por los economistas, por un lado, la proposición que hizo Adam Smith de que, si dos países se beneficiarán especializándose en los bienes en los cuales ellos son absolutamente más eficientes y por otro lado David Ricardo en su trabajo *The Principles of Political Economy and Taxation (1817)*, donde el resalta que las ganancias potenciales del comercio internacional no solo estaban limitadas a la ventaja absoluta (Ibídem).

David Ricardo resaltaba que, aunque un país tenga una desventaja absoluta puede obtener ganancias con el comercio mediante la ventaja comparativa, ya que ese país deberá especializarse en el bien que tenga una desventaja absoluta menor y el otro país podrá destinar todos sus recursos al bien con una ventaja absoluta mayor para exportarlo y así ambos países tendrían ganancias. La diferencia principal con la ventaja absoluta es que dentro de la teoría si un país tiene desventaja absoluta en dos bienes, no hay incentivo de comercio, pero si hay

ventaja comparativa sí podría haber comercio con ganancias para ambos países (Appleyard & Field, 2014).

3.4.2 Teorías Neoclásicas del Comercio Internacional

El comercio internacional de la dotación de factores tuvo origen en el siglo XX, la cual fue diseñada por Heckscher-Ohlin en 1919 en el cual este modelo explica los flujos del comercio internacional, que también puede ser llamada como la teoría de la proporción de los factores (Blanco, 2011). La cual fue diseñada a partir de la teoría de David Ricardo (ventaja comparativa), por lo que estos economistas afirman que si en un país se tiene una abundancia relativa de un factor ya sea capital o trabajo, este tendrá una ventaja comparativa y competitiva respecto de los demás en su proceso productivo, por lo que un país tiende a exportar los bienes que sean intensivos en los factores abundantes e importar bienes en donde cuya producción requiera un factor relativamente escaso (Appleyard & Field, 2014).

Por lo tanto, para dos países con tecnologías idénticas, una escala dada de rendimientos constantes y relaciones de fuerza de factores entre los productos finales, el país que más capital puede producir relativamente más bienes intensivos en capital, mientras que el otro país tiene una mano de obra abundante, es posible producir cantidades relativamente grandes de bienes intensivos en mano de obra.

El economista Heckscher-Ohlin no solo desarrolló el teorema de H-O, sino que también abordó otros tres teoremas, como lo indica Blanco (2011).

1. Teorema de igualación de precios de los factores

En el teorema de H-O establece que la convergencia del precio del producto puede ocurrir cuando el precio de un producto que usa elementos relativamente abundantes aumenta con el comercio, mientras que el precio de un producto que utiliza elementos relativamente escasos aumenta con el comercio. Paul. A. Samuelson señaló en 1949 que, de manera similar, los cambios en el precio de los productos terminados afectan los precios de los elementos en ambos países.

Entonces, cuando dos países se enfrentan a los mismos precios relativos y absolutos de los productos, los cuales tienen tecnologías similares y rendimientos constantes a escala, sus costos relativos y absolutos serán los mismos, esto solo puede suceder si, de hecho, se igualan los precios de los factores.

2. El Teorema de Stolper-Samuelson

En 1941, Wolfgang Stolper y Paul Samuelson desarrollaron el teorema de Stolper-Samuelson en la publicación de un artículo, que se centró en el efecto de los aranceles en la distribución del ingreso. Este teorema se usó más tarde para proporcionar una explicación general del efecto del comercio internacional en la distribución del ingreso. En el que se suponía que un país con excedente de mano de obra iniciaría el comercio, de modo que este aumentaría el precio de la abundancia del factor y haría que disminuyera el precio del factor escaso, en este caso el capital.

3. Teorema de Rybczynski

Este teorema fue desarrollado por el economista británico Rybczynski. Explica que si los precios se mantienen constantes, la dotación del factor trabajo aumenta, y Blanco (2011), explica que “causa un aumento más que proporcional de la producción del bien que utiliza ese factor con relativa intensidad y una disminución absoluta de la producción del otro bien” (p. 108). Sin embargo, ninguno de estos teoremas sirvió para fortalecer el modelo de H-O, y mucho menos para remediar sus deficiencias.

Sin duda se puede señalar que a pesar de que existe una fuerte evidencia de las limitaciones de este modelo, el modelo de Heckscher-Ohlin sigue ocupando un lugar muy importante en la teoría del comercio y, es fundamental para poder entender las implicaciones del comercio internacional.

CAPÍTULO IV.

REVISIÓN DE LITERATURA EMPÍRICA

3.4 Revisión de la Literatura Empírica

En este capítulo se menciona de manera breve algunos de los estudios empíricos revisados, con la finalidad de identificar qué estudios se han realizado respecto de este tema; así como sus metodologías y variables implementadas y principales hallazgos encontrados, con el propósito de enriquecer la presente investigación.

Una prueba de la importancia del querer lograr un nuevo y mejorado modelo para generar nuevas estrategias en relación al tema del medio ambiente, es el gran número de trabajos empíricos que se han realizado a través de las diferentes investigaciones enfocadas a la relación existente entre las diferentes variables (consumo de energía, pib, comercio) con el tema medio ambiente. A continuación se mencionan algunos de los estudios empíricos más destacados sobre diversas regiones o países.

Iniciando con el trabajo de los autores Correa *et al* (2005), en su investigación titulada “la Curva medioambiental de kuznets: evidencia empírica para Colombia, grupo de economía ambiental (gea)”. Examinaron la relación existente entre crecimiento económico y el medio ambiente para Colombia durante el periodo de 1975-1997, las variables consideradas: las emisiones de CO₂ (Dióxido de Carbono), SO₂ (Dióxido de Sulfuro), la demanda biológica de oxígeno (DBO), PIB per cápita y GINI. Los autores encuentran que Colombia, a diferencia de los países desarrollados, se encuentra en la fase creciente de la curva medio ambiental de Kuznets, es decir, el crecimiento económico para Colombia se está traduciendo en un mayor deterioro ambiental.

Gómez *et al* (2011), enfocaron su investigación en el crecimiento económico y medio ambiente para el caso de México, a través de la metodología de análisis de convergencia por medio de datos de corte transversal y datos de panel, durante el

periodo de 1999-2006, encontraron que para la economía mexicana que i) existe β -convergencia y σ -convergencia en árboles plantados, áreas naturales protegidas y licencias ambientales; es decir, las 32 entidades de la economía mexicana se están acercando entre sí en su cuidado ambiental a la vez que están disminuyendo la dispersión; ii) en general, no hay relación entre crecimiento económico y aumento en el cuidado de las variables medioambientales, excepto para el volumen de aguas residuales y volumen de recolección de basura.

Por su parte Sadorsky (2012), analizo las economías de América del Sur, considerando una muestra de 7 países de la región: Argentina, Brasil, Chile, Ecuador, Paraguay, Perú y Uruguay durante el periodo de 1980-2007, encontrando que las pruebas de cointegración de paneles muestran una relación a largo plazo entre producción, capital, trabajo, energía y exportaciones y dos entre producción, capital, trabajo, energía e importaciones. La dinámica a corto plazo muestra una relación de retroalimentación bidireccional entre el consumo de energía y las exportaciones, la producción y las exportaciones y la producción y las importaciones. Existe evidencia de una relación unidireccional a corto plazo entre el consumo de energía y las importaciones. A largo plazo, existe evidencia de una relación causal entre el comercio (exportaciones o importaciones) y el consumo de energía.

A si mismo Campo y Olivares (2013), en su investigación realizada para los países de CIVETS (Colombia, Indonesia, Vietnam, Egipto, Turquía y Sudáfrica), las variables consideradas en su trabajo: PIB per cápita, consumo de energía y emisiones de CO₂. Los autores encontrando que, en el largo plazo, el crecimiento económico y el consumo de energía son determinantes del calentamiento global a través del incremento en las emisiones de CO₂ para los países de CIVETS. Finalmente, encontraron evidencia empírica que comprueba la existencia de una Curva de Kuznets Ambiental para el grupo de países estudiado, que permite demostrar que los incrementos en el PIB per cápita incrementan las emisiones de CO₂, pero a partir de determinado nivel de PIB las emisiones disminuyen.

Gómez *et al* (2017), en su estudio titulado “Consumo de energía, crecimiento económico y comercio: Un análisis de causalidad para México, durante el periodo de 1971-2013”, incorporando cambios estructurales y utilizando al capital y el trabajo como variables de control. Encontraron que existen cinco relaciones de largo plazo entre las variables cuando se incluyen las exportaciones y cuatro con las importaciones. Dentro de los resultados se encontró una relación de causalidad bidireccional entre el consumo de energía y crecimiento económico, entre las importaciones y crecimiento económico, y unidireccional de las exportaciones al PIB. Esto implica que las exportaciones e importaciones impulsan el crecimiento económico, y que es necesario promover la producción y el consumo de energías más limpias.

Mientras que Vergara *et al* (2018), analizaron los países suramericanos considerando: Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Perú, Paraguay, Uruguay y Venezuela, empleando la metodología de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), durante el periodo de 2000-2012. Dentro de los resultados, se muestra que el PIB per cápita refleja la influencia de los cambios en el nivel de ingreso sobre la polución medio ambiental, para 7 de los 9 países evaluados.

Pinilla *et al* (2018), en su trabajo titulado “Crecimiento económico y emisiones de CO₂ en América Latina, 1990-2015”, los países considerados en la muestra: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, México, Paraguay, Perú y Uruguay. Encontró que en el 70% de los países analizados, incluyendo el consolidado de la región, no se cumple la curva medio ambiental de Kuznets. Para el caso de Uruguay y Colombia se cumple la Curva ambiental de Kuznets debido a la disminución de las elasticidades del ingreso a largo plazo con respecto a las de corto plazo. Sin embargo, el mecanismo de corrección de errores para el caso de Colombia no es estadísticamente significativo porque la relación entre las emisiones y el crecimiento económico puede ser divergentes en el largo plazo.

Mientras que Balaguer y Cantavella (2018), analizaron la economía de Australia, considerando variables como las emisiones de CO₂ per cápita de combustibles fósiles, PIB per cápita y la educación. Utilizando la metodología de rezagos

distribuidos (ARDL), encontrando que, en la mayor parte del período estudiado la expansión de la tasa de educación ha compensado cada vez más el aumento de las emisiones de CO₂ per cápita derivadas del crecimiento económico. Además, solo en los últimos años se ha demostrado que tanto el ingreso per cápita como la expansión de la educación reducen las emisiones. Sin embargo, dado que el crecimiento de los ingresos es difícil de manejar, valdría la pena considerar la posibilidad de promover la educación para lograr objetivos ambientales para el país.

Hongbo *et al* (2018), estudian la diversificación de exportaciones y la huella ecológica: un estudio comparativo sobre la teoría EKC entre Corea, Japón y China, los resultados demostraron que tanto Corea como Japón satisfacen la teoría EKC al demostrar una relación en forma de U invertida entre el desarrollo económico y la huella ecológica, mientras que el análisis basado en datos de China no muestra la misma tendencia. Tanto para la diversificación de productos de exportación como para la diversificación de mercados, cuanto más diversificada es la exportación del país, mayor es su huella ecológica.

Gómez *et al* (2018), estudian la economía de México durante el periodo de 1965-2014, a través de la aplicación de pruebas de raíz unitaria con quiebres estructurales, cointegración y causalidad lineal y no lineal. Los autores concluyeron que existe una relación de largo plazo entre la producción, el capital, el trabajo y la energía, y vínculos causales lineales desde el consumo total y desagregado de energía hasta el crecimiento económico. También existe una causalidad no lineal desde el consumo de energía, el sector del transporte, el capital y la mano de obra hasta la producción. Estos resultados respaldan la hipótesis del crecimiento, que sostiene que la energía es un factor de entrada importante para la actividad económica y que las políticas de conservación de energía impactan en el crecimiento económico de México.

Por su parte Sánchez y Caballero (2019), analizaron 23 países de América Latina y el Caribe: Argentina, Belice, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Haití, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Trinidad y Tobago, Uruguay y

Venezuela. Los autores concluyeron que el modelo de panel con cointegración para las emisiones de CO₂ indican la existencia de la CKA y la presencia de relaciones de cointegración entre las variables involucradas, por lo que es necesario alcanzar un punto de inflexión superior a 10.134 dólares per cápita (a precios de 2010) para poder estabilizar las emisiones y que, posteriormente, comiencen a reducirse, generando un proceso de actividad económica baja en carbono.

Gómez *et al* (2020), en su investigación “La curva medioambiental de Kuznets y el crecimiento económico sostenible en Colombia” durante el periodo 1990-2012, empleando datos panel bajo tres alternativas (efectos fijos, efectos aleatorios y primeras diferencias), los resultados obtenidos demuestran que existe una relación de U invertida entre la contaminación ambiental (CO₂ y N₂O) y el producto interno bruto (PIB) per cápita como medida de crecimiento económico, siendo el método de efectos fijos el que genera estimaciones consistentes al aplicar la prueba de Hausman. No obstante, la relación entre contaminación y crecimiento económico presenta rendimientos decrecientes muy bajos, lo cual genera elevados puntos de inflexión principalmente en las emisiones de CO₂.

Valencia *et al* (2020), en su trabajo sobre la interacción entre el crecimiento económico, el consumo de energía y electricidad, las emisiones de CO₂ y la urbanización en América Latina, los países incluidos en la muestra son: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, República Dominicana, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Haití, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela. Las emisiones de CO₂ se cointegran con la primera diferencia con el logaritmo de la proporción de la población urbana. Los resultados empíricos no sugieren evidencia de la existencia de una curva ambiental de Kuznets.

Mientras que Gómez y Rodríguez (2020), en su investigación “La huella ecológica y la curva ambiental de Kuznets en los países del T-MEC: un método de análisis de regresión cuantílico de momentos”, durante el periodo de 1980-2016, utilizando la metodología de datos panel. Los autores concluyeron que las variables se

caracterizan por una dependencia transversal, integrada de orden uno y cointegrada. El método de mínimos cuadrados ordinarios completamente modificados (FMOLS) muestra que la energía renovable reduce la degradación ambiental y se valida la curva de Kuznets ambiental. En contraste, las patentes y la apertura comercial no muestran una relación estadísticamente significativa.

Naheed *et al* (2020), en su estudio titulado “Tecnología de la información y las comunicaciones (TIC) y sostenibilidad ambiental: un análisis de datos de panel”, incluyendo 91 países durante el periodo de 1990-2017, encontrando como resultados que las TIC reducen las emisiones de CO₂ para la muestra completa de países. Sin embargo, el estudio comparativo de países desarrollados y en desarrollo muestra que las TIC fomentan la sostenibilidad ambiental en los países desarrollados, mientras que en los países en desarrollo se encuentran resultados opuestos. Además, se confirma la presencia de la curva de Kuznets ambiental para la muestra completa, así como para los países desarrollados y en desarrollo. Los autores sugieren que con mayores niveles de desarrollo de un país, sería posible contribuir a la sostenibilidad ambiental junto con la difusión de las TIC. Por lo tanto, el resultado de este estudio puede ser útil para los responsables políticos y las políticas pueden diseñarse para fomentar las inversiones en TIC en los países en desarrollo, ya que las TIC se ocuparán de la sostenibilidad ambiental con niveles más altos de desarrollo.

Emre *et al* (2021), realizaron una investigación de los 10 países con la peor degradación ambiental, es decir, China, Brasil, Alemania, Indonesia, India, Japón, México, Federación de Rusia, Estados Unidos y Reino Unido, las variables consideradas en la investigación fueron: Huella Ecológica, PIB per cápita, el consumo de energía renovable per cápita, el consumo de energía no renovable y TIC. Los resultados muestran que el aumento del consumo de energía no renovable conduce al deterioro ambiental, mientras que el consumo de energía renovable, las TIC y los desarrollos financieros mitigan el deterioro ambiental en estos países.

Cetin *et al* (2021), revisaron la economía de Turquía, se analizó el vínculo entre la innovación tecnológica y la desigualdad de ingresos en Turquía en términos de la

hipótesis de la curva financiera de Kuznets (FKC), durante el periodo de 1987-2018. Se comprueba que el FKC es válido para la economía de Turquía a largo plazo. Encontrando que la innovación tecnológica afecta positivamente a la desigualdad de ingresos, mientras que el crecimiento económico está relacionado negativamente con la desigualdad de ingresos. Existe un vínculo causal bidireccional entre el desarrollo financiero y la desigualdad de ingresos. La innovación tecnológica y la desigualdad de ingresos se causan mutuamente. Además, el crecimiento económico genera desigualdad de ingresos. Finalmente los resultados empíricos sugieren una implicación política doble, es decir, una mejora en el sistema financiero y eliminación de los efectos adversos de las innovaciones tecnológicas en la distribución del ingreso.

Molero *et al* (2021), en su investigación titulada “Curva de Kuznets Ambiental y determinantes de las emisiones de CO₂ en Ecuador: un enfoque de cointegración”, considerando variables como: PIB per cápita, apertura comercial, precios del petróleo, consumo de energía primaria, emisiones de CO₂, bajo la metodología de un modelo autorregresivo de rezagos distribuidos (ARDL). Los resultados confirman la relevancia del impacto del nivel de desarrollo o ingreso, apertura económica, precio del petróleo y consumo de energía primaria en relación con las emisiones per cápita de dióxido de carbono; así mismo, se verifica la CKA, lo que implica que el deterioro ambiental es una función creciente del nivel de actividad económica hasta un determinado nivel crítico de renta, que se ubicó en 3.688,6 USD a precios constante. Después de ese nivel, el crecimiento se asocia con niveles progresivamente mayores de calidad ambiental, sin embargo, las emisiones pueden incrementarse ante variaciones en el precio del petróleo y el consumo de energía primaria. De este modo, se concluye que un crecimiento más elevado a corto plazo puede acelerar la transición del país hacia niveles de ingreso compatibles con menores emisiones.

Finalmente Ortiz y Gómez (2021), en su trabajo para 19 países de América Latina (Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República

Dominicana, Uruguay y Venezuela) durante el periodo de 1970-2016. Los resultados muestran que las variables (CO_2 , PIB y PIB cuadrado) tienen dependencia de sección cruzada, son integradas de orden uno y mantienen una relación de equilibrio a largo plazo. Existe una relación de causalidad bidireccional entre la actividad económica y las emisiones, lo cual implica que el crecimiento económico tiene información que ayuda a predecir el comportamiento de las emisiones y viceversa. Se avala la hipótesis de la CAK, lo que significa que cuando crece la actividad económica las emisiones contaminantes también lo hacen, en la medida en que las economías avanzan en sus etapas de desarrollo económico hasta cierto nivel de ingreso, después de este punto, las emisiones crecen a un ritmo menor que la producción. Esto suele suceder cuando se utilizan tecnologías más limpias, la población es más consciente con el medio ambiente y las regulaciones ambientales son más efectivas.

Dentro del cuadro 1, se muestra el análisis de frecuencias que se realizó a través de la extensa exploración de trabajos, presentando las variables de estudio, su repetición en estudios anteriores. Las variables que resultan con mayor efecto en el deterioro ambiental son: emisiones de CO_2 , consumo de energía, huella ecológica, PIB per cápita, apertura comercial, no obstante existen otras variables que no se mencionan, pero que impactan al deterioro ambiental como: la urbanización, precios del petróleo, capital, dióxido de sulfuro (SO_2), innovación tecnológica, entre otras.

En el apartado anterior se retomaron teorías de la Curva ambiental de Kuznets, teorías del crecimiento económico y modelo de crecimiento de Solow, teorías del comercio internacional, iniciando con los mercantilistas, continuando con teorías clásicas de los autores Adam Smith y David Ricardo, posteriormente teorías neoclásicas el modelo de H-O. Finalmente en este capítulo se señalan algunos estudios previos basados en el análisis de la curva de Kuznets y el deterioro ambiental, de los cuales se realiza un cuadro, para elegir aquellas variables más importantes en el estudio de deterioro ambiental, para investigar el deterioro ambiental para el caso de México.

En el siguiente apartado se hace referencia a la metodología, elección del método, construcción del mismo, identificación de las formas de medición, obtención de datos y el procedimiento a través del cual se comprueba la hipótesis de la investigación.

Cuadro 1. Frecuencia de variables causantes del deterioro ambiental

Autor/Variables	Consumo de energía	PIB	Exportaciones	Importaciones	Trabajo	Emisiones de co2	Población	Desarrollo Financiero	Urbanización	Huella Ecológica	GINI	Apertura Comercial	TIC
P. Sadorsky	X	X	X	X	X								
C. F. Gómez, Ó. H. Losada y E. F. Cebay	X	X				X	X						
H. HerreraR. J. Salgado y F. Martínez	X	X				X	X						
M. Gómez y J. C. Rodríguez	X	X						X	X				
X. Ma y Q. Fu	X							X	X	X			
A. Caglar, M. Mert, G. Boluk	X	X										X	X
M. Gómez, A. Ciarreta, y A. Zarraga	X		X	X									
A. B. Tello		X					X						
J. C. SCHMALBACH F.J. AvilaV. M. Ibargüen		X				X							
L. Sánchez y K. Caballero	X	X				X				X			
C. S. López y K. S. Arreola		X					X						
M. Rivera,C. Rodríguez y E. E. Buendía		X				X							
J. Robledo y W. Olivares	X	X				X							
J. Balaguer y M. Cantavella		X				X							

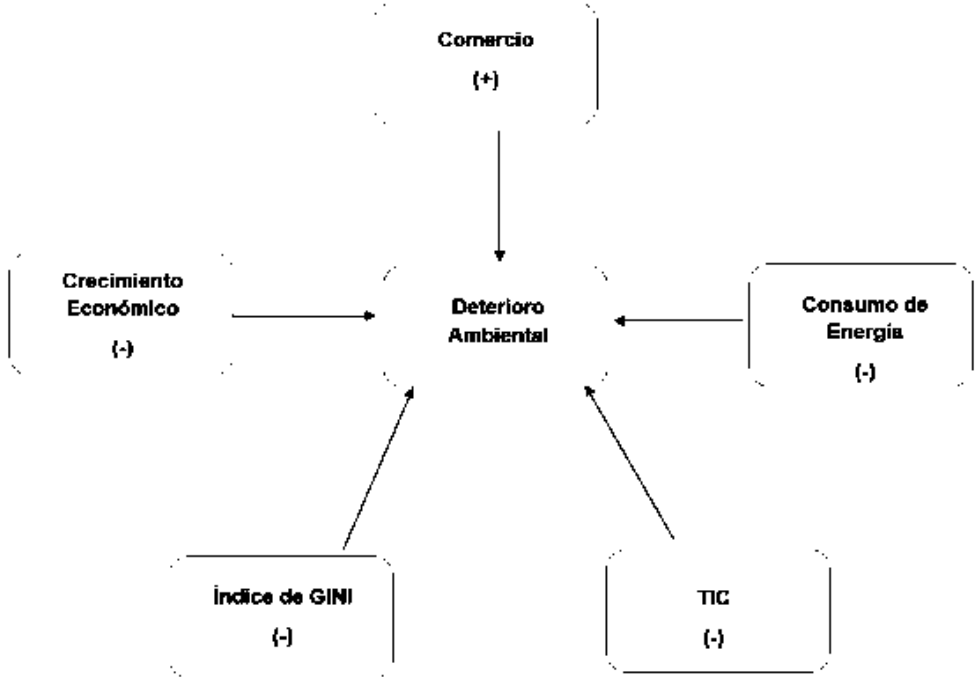
M Gómez y J. C. Rodríguez		X								X		X	
F. Khan, A. Sanay U. Arif	X	X				X				X			X
S. Ridzuan		X									X		
H. Iiu, H. Kim, S. Liangy Oh-S. Kwon	X	X						X		X			X
M. Cetin. H. Demir y S. Saygin		X						X			X		
F. Restrepo, A. F. Ramírez y C. Montoya		X				X					X		
M. Gómez, A. Ciarreta y A. Zárraga	X	X			X								
L. E. Oliva, T. S. Chancay, M. I. Mogrovejo, H. E. Martínez y H. F. Copo		X				X							X
C. F. Paniagua y M. Gómez		X				X							
M. Gómez y J. C Rodríguez	X	X				X							X
M. Navarrete, M. B. A. Torre, D. Gómez y D. G. Torres	X	X				X							X
E. Choi, A. Heshmati y C. Yongsung		X				X							X
C. S. López	X	X				X							
M. Gómez y J. C. Rodríguez		X				X							X
M. Mercana y E. Karakaya	X	X				X							
Mohamed El Hedi Arouri, Adel Ben Youssef, Hatem M'Henni, Christophe raul	X	X				X							
FRECUENCIA	17	28	2	2	2	18	4	4	2	5	3	7	3

Fuente: Elaboración propia con base en la revisión de literatura.

Dado que la principal contribución de la presente investigación es analizar las principales variables (el comercio, consumo de energía, crecimiento económico, TIC y el índice de GINI) que determinan el comportamiento del deterioro ambiental en México (véase figura 3), una vez que se realizó una extensa revisión de trabajos y analizados los principales hallazgos de cada investigación y realizado el cuadro de

frecuencia de variables en la figura 3 se muestra el signo esperado de cada una de las variables explicativas para la presente investigación, esto en base a la revisión exhaustiva de la literatura.

Figura 3. Determinantes del Deterioro Ambiental



Fuente: Elaboración propia en base a la literatura.

CAPÍTULO V.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente capítulo se describe detalladamente la metodología utilizada en la presente investigación para la medición de las variables que integran el estudio, es decir, el deterioro ambiental, crecimiento económico, consumo de energía, comercio, índice de GINI, las TIC para el caso de México y se presentaran las técnicas econométricas utilizadas para el desarrollo del análisis sujeto de estudio.

5.1 El Método

Los métodos de investigación han sido un tema incesantemente controvertido, ya que a lo largo de la historia se han establecido muchas escuelas, tendencias, y paradigmas filosóficos y epistemológicos, que han ayudado a disipar las principales preocupaciones sobre el verdadero significado y el uso efectivo de los métodos.

Así, el método científico será la guía de esta investigación, en este sentido, puede definirse según su etimología, la palabra método proviene del griego meta: al lado y odos: camino; es decir, al lado del camino (Navarro, 2014).

En la actualidad existe un sinfín de métodos o procesos de investigación, los cuales señalan que este método debe de conllevar a ciertos números de pasos, sin embargo, la mayoría de los metodólogos abordan 11 pasos para poder desarrollar una investigación científica (ibídem).

De acuerdo a Navarro (2014), esos 11 pasos convenidos son de gran importancia para todo investigador que deben de estar presentes en todo el trayecto de la investigación, los cuales son los siguientes:

- ✓ Concebir la idea. Observar la realidad.
- ✓ Plantear el problema con sus proposiciones de apoyo.
- ✓ Definir los alcances de la investigación.

- ✓ Seleccionar el diseño.
- ✓ Elaborar el marco teórico.
- ✓ Plantear las hipótesis.
- ✓ Seleccionar la muestra.
- ✓ Recolectar los datos.
- ✓ Procesar la información (datos).
- ✓ Analizar y discutir los resultados.
- ✓ Presentar el informe.

5.2 Tipo de Investigación

De acuerdo a la naturaleza de la investigación que se desarrolla, el trabajo tiene un alcance exploratorio, descriptivo y correlacional.

Navarro (2014), estipula que los estudios exploratorios tienen un objetivo importante de familiarizarnos con temas desconocidos o poco estudiados. Por lo que en primer lugar, este estudio tiene un alcance exploratorio, porque ningún trabajo similar anterior ha resuelto las preguntas planteadas anteriormente.

La investigación descriptiva sirve para analizar cómo existe y se manifiesta un fenómeno y sus componentes (Navarro, 2014). Por tal motivo, nuestro estudio será de alcance descriptivo en segundo lugar, ya que esto nos permitirá describir el problema y sus características, así como también ubicar las variables que serán el objeto de estudio.

Los estudios de correlación tienen como objetivo ver cómo se relacionan o se vinculan los fenómenos o variables. Por tanto, finalmente, nuestro estudio cuenta con un alcance correlacional ya que este nos indica cómo es que se comportan las variables objeto de estudio y cuál es su relación entre ellas.

5.3 Enfoque

La presente investigación se realizó con el enfoque cuantitativo, este maneja la recolección de datos para de esa manera comprobar las hipótesis planteadas con

base en el cálculo numérico y estudios estadísticos, con el propósito de establecer pautas de comportamiento y de esa manera probar teorías (Hernández, 2014).

Como se ha señalado en otros apartados el propósito de esta investigación es examinar como el deterioro ambiental se vio afectado por las variables crecimiento económico, consumo de energía, índice de GINI, las TIC y comercio.

5.4 Econometría

La econometría se puede definir como el desarrollo de métodos estadísticos que se utilizan para evaluar relaciones económicas, probar teorías económicas y evaluar e implementar políticas públicas y comerciales. Existen diversas aplicaciones de la econometría, pero la aplicación más común es la proyección de variables macroeconómicas tan importantes como las tasas de interés, la inflación y el producto interno bruto (Wooldridge, 2010).

5.5 Datos

Para fines de esta investigación el periodo a analizar comprende de 31 observaciones de 1988 a 2018 para México. Fueron tomadas a partir de 1988 ya que es el periodo que están disponibles los datos para todas las variables utilizadas en la investigación, a continuación en el cuadro 2 se indican los indicadores que se van a utilizar y las diferentes fuentes de obtención de los datos.

Cuadro 2. Descripción de las variables de estudio			
No	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADOR	FUENTE
1	Deterioro Ambiental	Emisiones de CO ₂ (toneladas métricas per cápita)	Indicadores del desarrollo mundial (Banco Mundial, 2022)
No	Variables Independientes	Indicador	Fuente
1	Crecimiento Económico	PIB per cápita (US\$ a precios constantes de 2010)	

2	Comercio	- Exportaciones de bienes y servicios (US\$ a precios constantes 2010) - Importaciones de bienes y servicios (US\$ a precios constantes 2010)	Indicadores del desarrollo mundial (Banco Mundial, 2022)
3	Índice de GINI	GINI	SWIID ¹
4	TIC	Sub. Móviles	Indicadores del desarrollo mundial (Banco Mundial, 2022)
5	Consumo de Energía	Consumo per cápita (Gigajoules)	SENER ²

Fuente: Elaboración propia con base en la literatura revisada.

5.6 Instrumentos de Medición

Para fines de la presente investigación se realizara un modelo econométrico de rezagos distribuidos (ARDL), el motivo por el cual se seleccionó el presente modelo principalmente es por su carácter de ser exploratorio, ya que este permite estudiar el comportamiento y la interacción de las diferentes variables del estudio, esto con el objetivo de descubrir relaciones de causalidad de las mismas.

5.7 Análisis de Regresión Múltiple

En primera instancia se utilizara el análisis de regresión múltiple con el objetivo de identificar las interacciones entra las variables independientes que afecta a la variable dependiente, es decir, estudiar la relación que existe entre las variables de estudio.

¹ The Standardized World Income Inequality Database (SWIID)

² Secretaría de Energía (SENER)

En los modelos de regresión múltiple, la variable dependiente o explicada, está en función de dos o más variables independientes o explicativas, como se expresa a continuación (ecuación 1):

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + u_i \quad (1)$$

Donde:

Y1: Variable dependiente o explicada.

X₂ y X₃: Variables independientes o explicativas.

β₁: Es el término del intercepto. El cual constituye el efecto o promedio sobre la variable dependiente (Y) de todas las variables que no se tomaron en cuenta en el modelo, aunque su interpretación mecánica sea el valor promedio de Y cuando sus variables independientes (X₂ y X₃) se igualan a cero.

β₂ y β₃: Son los coeficientes de regresión parcial, en donde mide el cambio en el valor de la media de Y, por unidad de cambio en una variable independiente, manteniendo todas las demás constantes.

u_i: Es el término de perturbación estocástico, en donde se refiere a los distintos factores, representa el conjunto de otras variables no incluidas explícitamente en el modelo, cuyo efecto individual sobre la variable regresada no es importante.

Las variables utilizadas para el modelo de esta investigación son las siguientes:

Cuadro 3. Descripción del modelo

Variable Dependiente	Variabes Independientes
	1. Crecimiento económico (PIB per cápita, en dólares a precios constantes de 2010)

Deterioro ambiental (emisiones de CO₂
en toneladas métricas per cápitas)

2. Comercio (Exportaciones de bienes y servicios (US\$ a precios constantes 2010 e Importaciones de bienes y servicios (US\$ a precios constantes 2010)
 3. Índice de GINI
 4. Las TIC, medido como las suscripciones móviles
 5. Consumo de energía
-

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando las variables de la presente investigación, las ecuaciones para estudiar la relación entre la variable dependiente deterioro ambiental y las variables independientes quedan de la siguiente manera:

$$CO_2 = \beta_1 PIB + \beta_2 COM + \beta_4 GINI + \beta_5 TIC + \beta_6 CE + U_i \quad (2)$$

Donde:

CO₂: Es la variable dependiente en la ecuación 2, denominada CO₂ per cápita.

PIB: Es la variable independiente denominada Crecimiento Económico.

COM: Es la variable independiente denominada Comercio.

GINI: Es la variable independiente denominada índice de GINI.

TIC: Es la variable independiente denominada Tecnologías de la Información y Comunicación.

CE: Es la variable independiente denominada Consumo de Energía per cápita.

Las β 's: Son los parametros cuyo valor se desconoce y se va a estimar, en ese sentido, con dicha estimacion se obtiene una cuantificacion de la relacion existente entre la variable dependiente y la variable independiente.

U_i : Es el termino de perturbación estocástico, en donde se refiere a los distintos factores, representa el conjunto de otras variables no incluidas explícitamente en el modelo, cuyo efecto individual sobre la variable regresada no es importante.

5.8 Pruebas de Raíz Unitaria Aplicables a Series de Tiempo

Las pruebas de raíz unitaria son pruebas que se utilizan para determinar si una variable es estacionaria o no estacionaria. Una serie de tiempo es estacionaria, si cumple con las características de tener su media, varianza y su covarianza constantes a lo largo del tiempo, en ese sentido, si no cumple con esa características hay presencia de no estacionariedad, es decir, tiene una tendencia estocástica (Gujarati & Porter, 2010).

De acuerdo con Granger y Newbold (1974), en estudios de series de tiempo es posible encontrar series estacionarias o no estacionarias, cuando se presentan series de tiempo no estacionarias se enfrentan a problemas de regresión espurias esto por la presencia de series no estacionarias. Esto debido a que la regresión de un paseo aleatorio, es decir, que las series tienen raíz unitaria sobre otro puede dar como resultado una relación estadísticamente significativa, aun y cuando estas sean dos series independientes (Gómez & Hernández, 2007).

En palabras de Gómez y Hernández (2007) “para evaluar la presencia de raíz unitaria existen varias pruebas formales tradicionales como la Dickey y Fuller (1979) (DF), Dickey y Fuller Aumentado (1981) (DFA) y la metodología sugerida por Phillips y Perron (1988) (PP)” (p. 33).

En ese sentido para fines de esta investigación se describirán de manera resumida las pruebas de DFA y la prueba propuesta por Phillips y Perrón (PP) respectivamente.

Para probar la existencia de raíz unitaria Dickey y Fuller (1979) desarrollaron una prueba en donde el término de error (u_t) no está correlacionado, posteriormente para desarrollar una prueba cuando dicho término sí está correlacionado, la cual se conoce como prueba DFA. Esta prueba implica “aumentar” la ecuación mediante la adición de los valores rezagados de la variable dependiente Y_t (Gujarati & Porter, 2010).

La prueba de DFA es usada para determinar si una serie de tiempo tiene raíz unitaria y se representa de la siguiente manera:

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3)$$

Donde:

ε_t = Los términos de error.

ΔY_t = La variable dependiente en su primera diferencia

δ = Coeficiente de la variable dependiente en nivel con rezago

ΔY_{t-i} = Número de rezagos para aplicar en la prueba de raíz unitaria

En donde t es la variable de tiempo o de tendencia y las hipótesis planteadas son las siguientes:

- *Hipótesis nula*: $H_0: \delta = 0$ (es decir, existe una raíz unitaria, la serie de tiempo es no estacionaria o tiene tendencia estocástica).
- *Hipótesis alternativa*: $H_1: \delta < 0$ (es decir, la serie de tiempo es estacionaria, posiblemente alrededor de una tendencia determinista).

De acuerdo a lo antes mencionado, si se rechaza la hipótesis nula (H_0), esto significa que Y_t es estacionaria con media cero en el caso de la ecuación. En el caso de la aceptar la hipótesis alternativa (H_1), podemos probar que $\delta < 0$ (es decir, no hay tendencia estocástica) y $\alpha \neq 0$ (es decir, la existencia de una tendencia determinista) simultáneamente, mediante la prueba F pero con los valores críticos tabulados por

Dickey y Fuller. Cabe señalar que una serie de tiempo puede contener tanto una tendencia estocástica como una determinista (Gujarati & Porter, 2010).

Otra de las pruebas utilizadas para probar la existencia de raíz unitaria es la prueba desarrollada por Phillips y Perron (1988), en donde utilizan *métodos estadísticos no paramétricos* para evitar la correlación serial en los términos de error, sin añadir términos de diferencia rezagados. Como la distribución asintótica de la prueba PP es la misma que la prueba DFA y con mismas hipótesis tanto nula como alternativa (Ibídem).

5.9 Modelo Autorregresivo de Rezagos Distribuidos (ARDL)

Para un análisis de regresión utilizando datos de series de tiempo se puede denominar que es un modelo de rezagos distribuidos, esto cuando el modelo de regresión incluya: los valores actuales y además valores rezagados, es decir, pasados de las variables independientes (las X). Mientras que si el modelo incluye más de dos valores rezagados de la variable explicada entre sus variables explicativas, se encuentra con un modelo denominado modelo autorregresivo (Gujarati & Porter, 2010).

Para el modelo de rezagos distribuidos la fórmula empleada es la siguiente:

$$Y_t = \alpha + \beta_0 X_{t-1} + \beta_1 X_{t-1} + \beta_2 X_{t-2} + v_t \quad (4)$$

Mientras que la ecuación (2) representa un modelo autorregresivo o también llamado modelos dinámicos:

$$Y_t = \alpha + \beta X_t + \gamma Y_{t-1} + v_t \quad (5)$$

El modelo de ARDL propuesto por Pesaran *et al.* (2001), puede utilizarse para analizar un efecto de cointegración a largo plazo entre las variables, las características que poseen este tipo de modelos es la presencia de utilizar variables con grado de integración $I(1)$ o $I(0)$ en sus regresores (Angeles, Cortés, & Sámano, 2019). Es decir, que se puede realizar independientemente si los regresores se

integran de orden 0 o de orden 1, o si son mutuamente cointegrados, como indica Gómez *et al.* (2017), “Existe un conjunto de valores críticos para cuando todos los regresores son integrados de orden cero, y otro para cuando todos los regresores son integrados de orden uno”(p. 58).

Para aceptar los resultados obtenidos del modelo se prosigue a la aplicación de la prueba de límites, basada en el estadístico F, con el objetivo de encontrar presencia de cointegración entre las variables que integran el modelo, también conocida como “Bonds test”, cuando el estadístico F calculado es menor que $I(0)$ hay presencia de que las variables son estacionarias, si el estadístico cae fuera de los límites de los valores críticos se puede concluir la presencia de cointegración, sin embargo, cuando el estadístico F cae dentro de los límites el orden de integración no es concluyente y se requiere conocer el orden de integración de las variables explicativas (Pesaran, Shin, & Smith, 2001).

De acuerdo con Ángeles *et al.* (2019), “Una de las características importantes de esta prueba radica en el orden de integración de los regresores, es decir, esta prueba es aplicable aunque los regresores tengan distintos órdenes de integración, siempre y cuando estos sean menores a $I(2)$, es decir, permite introducir en el modelo variables no estacionarias y estacionarias. La prueba se basa en pruebas “F” y “t” típicas en el sentido de probar la significancia de un parámetro al dividirlo entre su desviación estándar (p.18).

Una de las ventajas de utilizar la metodología de ARDL, a diferencia de otros, es que permite utilizar variables de orden de integración $I(1)$ o $I(0)$, incluso de una combinación de ambos ordenes de integración. Además de que se pueden incluir variables binarias de cambio estructural y no se afectan los valores críticos del estadístico-F de cointegración. Finalmente, otra ventaja de esta metodología es que los problemas potenciales derivados tanto de la correlación serial como de la endogeneidad se eliminan fácilmente con la estructura ARDL cuando los componentes tanto de corto y largo plazo se toman simultáneamente con los rezagos apropiados (Pesaran, Shin & Smith, 2001).

En ese sentido si se presenta una variable endógena (y_t) y dos exógenas (x_{1t} , x_{2t}), el modelo de ARDL), dado por (p , q , r), como se presenta continuación:

$$y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p+1} \beta_j^0 y_{t-i} + \sum_{j=0}^{q+1} \beta_j^1 x_{1t-j} + \sum_{k=0}^{r+t} \beta_j^2 x_{2t-k} + \varepsilon_t \quad (6)$$

Una vez aplicada la ecuación es posible obtener el modelo de corrección de errores asociado al modelo ARDL al usar el cambio de variable: $x_{t-1} = x_{t-1} - x_t$, en donde se obtiene el denominado modelo condicional:

$$\Delta y_t = \alpha_0 + (\theta_0 y_{t-1} + \theta_1 x_{1t-1} + \theta_2 x_{2t-1}) + \sum_{i=1}^p \beta_i^0 \Delta y_{t-i} + \sum_{j=0}^q \beta_j^1 \Delta x_{1t-j} + \sum_{k=0}^r \beta_k^2 \Delta x_{2t-k} + \varepsilon_t \quad (7)$$

La prueba de límites (Bounds test) radica en examinar la hipótesis nula (H_0): $\Theta_0 = \Theta_1 = \Theta_2 = 0$ en donde se utiliza el estadístico F el cual denota la no existencia de cointegración, en ese sentido, cuando el modelo indica la existencia de relación a largo plazo/cointegración de las variables del estudio, por lo tanto, el modelo condicional arroja la forma estándar de un modelo de corrección de errores (Angeles, Cortés, & Sámano, 2019).

5.10 Prueba de Autocorrelación

De acuerdo a Gujarati y Portes (2010) “el término autocorrelación se define como la correlación entre miembros de series de observaciones ordenadas en el tiempo [como en datos de series de tiempo] o en el espacio [como en datos de corte transversal]” (p. 413.).

En el modelo clásico de regresión lineal supone que no existe la autocorrelación en las perturbaciones de u_i y se expresa: $E(u_i u_j) = 0$, es decir, el término de

perturbaciones relacionado con una observación cualquiera no recibe influencia del término de perturbación relacionado con cualquier otra observación. Mientras que uno de los problemas que se enfrenta al manejar series con datos históricos es la presencia de autocorrelación, la cual se presenta por distintas causas, como la inercia o la selección de manera errónea la forma funcional o el omitir variables, dando lugar a una presencia sistemática en el error estocástico, dicho en otras palabras cuando el término de error es un modelo econométrico se encuentra correlacionado consigo mismo a través de un periodo el cual da presencia de autocorrelación representada de la siguiente manera $E(u_i u_i) \neq 0$ (Gujarati & Porter, 2010).

5.11 Prueba de Heterocedasticidad

Para detectar la heterocedasticidad en la presente investigación se pretende aplicar la prueba de White la cual se basa en ver si los residuos de mínimos cuadrados ordinarios son de alguna manera función de los regresores, y como consecuencia no son constantes, Es decir, se trata de explicar el cuadrado de los residuos de la regresión inicial, v_i^2 y se hace la regresión sobre las variables o regresoras iniciales, sobre sus valores al cuadrado y sobre el (los) producto(s) cruzado(s) de las regresoras.

Las hipótesis planteadas son las siguientes:

- H_0 : (Homocedasticidad)
- H_1 : (Heterocedasticidad)

La prueba de White puede ser una prueba de heterocedasticidad (pura), de error de especificación o de ambos. Se argumenta que, si no están presentes términos con productos cruzados en el procedimiento de prueba de White, esto constituye una prueba de heterocedasticidad pura. Si existen tales términos, es una prueba de heterocedasticidad y de sesgo de especificación.

5.12 Prueba de Normalidad

Una de las pruebas de normalidad más común es la de Jarque-Bera (1987), se aplica para pruebas asintóticas o muestras muy grandes, la cual se basa en los residuos, y consiste en hacer primeramente la prueba de asimetría y de la curtosis como se muestra a continuación:

$$JB = n \left[\frac{S^2}{6} + \frac{(k - 3)^2}{24} \right] \quad (8)$$

Donde:

n = Es el tamaño de la muestra

s = Es el coeficiente de asimetría

k = Es el coeficiente de la kurtosis

Para una variable normalmente distribuida, $S = 0$ y $K = 3$. Por tanto, la prueba de normalidad J-Bera constituye una prueba de la hipótesis conjunta de que S y K son 0 y 3, respectivamente. En este caso, se espera que el valor del estadístico J-Bera sea igual a cero.

Las hipótesis planteadas para la prueba de normalidad de J-Bera son las siguientes:

- Hipótesis nula (H_0): los residuos siguen una distribución normal.
- Hipótesis alternativa (H_1): los residuos no siguen una distribución normal.

CAPÍTULO VI.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Este apartado comprende en la presentación e interpretación de los resultados obtenidos después de la aplicación de la metodología descrita anteriormente, las series de tiempo utilizadas son de datos anuales, que van desde el año 1980 hasta el 2018, el periodo de estudio que comprende el modelo fue definido de acuerdo a la disponibilidad de información de los distintos indicadores que se utilizaron para representar a las diferentes variables que conforman el modelo.

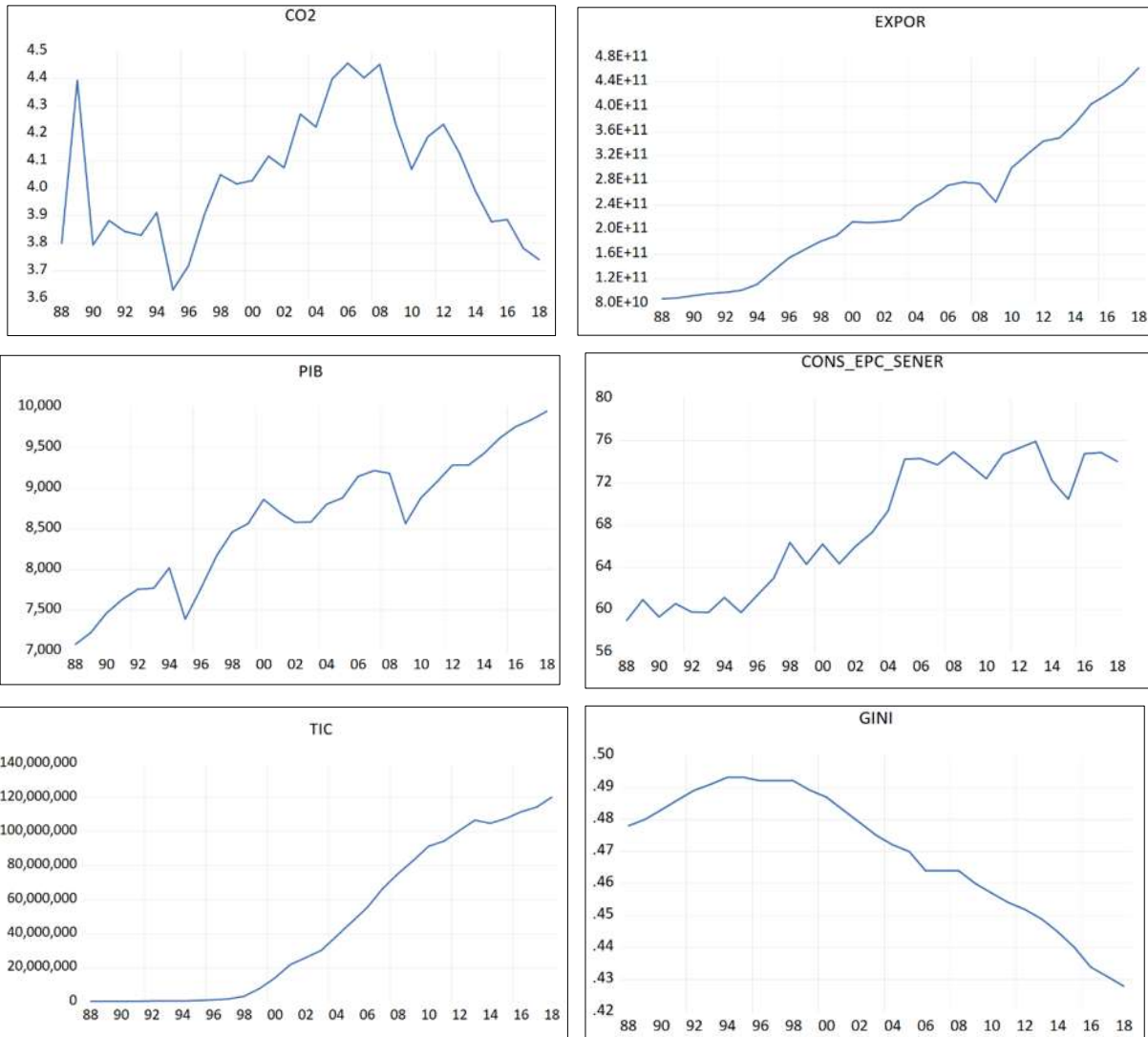
En el capítulo anterior en el cuadro 2 se describió cada una de las variables (CO₂, exportaciones, pib, consumo de energía, índice de gini y tic), con sus respectivos indicadores, así mismo la fuente de obtención de los datos. En la gráfica 8 se describe brevemente el comportamiento de cada variable para México. Se puede apreciar que para la variable de CO₂ en el año de 1994 registró una caída importante, posteriormente se dispara hasta el año 2006 teniendo una tendencia positiva, posteriormente cayendo en la crisis del 2008 y finalmente en los últimos años muestra una tendencia negativa.

Mientras que las variables exportaciones, PIB, consumo de energía y las TIC se observa una tendencia positiva con movimientos bruscos en los años 2008 a 2010, cambios menos bruscos a partir de 2011-2018. En el caso de la variable índice de gini, muestra una tendencia negativa en relación con las otras variables, es decir para el caso de México esta variable se ha estado acercando un poco más a la igualdad registrando .43 para el año del 2018, a partir del año de 1994 es donde se observa la tendencia negativa de esta variable en donde en ese año México firmo el TLCAN.

En particular, en el caso de las variables exportaciones y el PIB la posibilidad de tales cambios estructurales puede explicarse por la adhesión de México al GATT en

1986 y al TLCAN en 1994, y el cambio en el año 2009 puede ser explicado por la crisis financiera mundial.

Gráfica 9. Comportamiento de las variables: CO2, EXPORT, PIB, ENERGI, TIC y GINI



Fuente: Banco Mundial, The Standardized World Inequality Database y Secretaría de Energía.

6.1 Pruebas de Raíz Unitaria

El análisis de estacionalidad de las series de las variables deterioro ambiental, crecimiento económico, comercio, índice de GINI, las TIC y consumo de energía se llevó a cabo transformando las series a sus logaritmos y posteriormente aplicando las pruebas de raíz unitarias de Dickey-Fuller Aumentada (1979), (ADF) por sus

siglas en inglés, y de Phillips-Perron (1988) (PP). La prueba de ADF y PP tienen como fin el determinar la existencia o no de una raíz unitaria en la serie de tiempo.

Los resultados de las pruebas se muestran en los cuadros siguientes.

Cuadro 4. Prueba de Dickey-Fuller Aumentada (ADF)		
Variable en nivel	Estadístico t	Valor Prob.
CO ₂	-2.1170	0.5160
PIB	-3.0982	0.1249
X	-1.6652	0.7416
GINI	3.4735	1.0000
TIC	-0.7030	0.4011
CE	-2.0602	0.5460
Primeras diferencias	Estadístico t	Valor Prob.
CO ₂	-9.7063	0.0000
PIB	-5.9160	0.0000
X	-4.7105	0.0008
GINI	-3.4527	0.0639
TIC	-3.4637	0.0014
CE	-6.2609	0.0000

Nota: *, ** y *** Indica rechazo de la hipótesis nula a un nivel de confianza de 90%, 95% y 99% respectivamente. Todas las variables están expresadas en logaritmos naturales.

Fuente: Elaboración propia con base en Banco Mundial y Secretaría de Energía, empleando el software Eviews 11 Student Lite.

Primeramente todas las variables fueron transformadas en sus logaritmos naturales, posteriormente se aplicaron las pruebas de raíz unitaria de DFA y PP, en nivel, con el objetivo de conocer si las variables son estacionarias o no estacionarias. De acuerdo con los resultados obtenidos en el cuadro 3, el valor prob. de la prueba DFA, en nivel se acepta la hipótesis nula en las variables CO₂, PIB, X, GINI, TIC y CE para cualquier nivel de significancia (1%, 5% y 10 %), por lo que se afirma que las variables presentan raíz unitaria, por lo tanto, son no estacionarias, es decir, estas cambian a lo largo del tiempo, lo que significa que su media no oscila alrededor de un valor constante, por lo que para poder conocer su grado de

integración del conjunto de variables antes mencionadas se aplican las pruebas en sus primeras diferencias.

Al transformar las series de tiempo de las variables CO₂, PIB, X, GINI, TIC y CE a sus primeras diferencias se obtienen los siguientes resultados:

Cuadro 5. Prueba de Phillips-Perron (PP)		
Variable en nivel	Estadístico t	Valor Prob.
CO ₂	-2.0448	0.5541
PIB	-2.9099	0.1736
X	-1.7884	0.6851
GINI	-3.0859	0.1277
TIC	1.7621	0.9786
CE	-2.0602	0.5460
Primeras diferencias	Estadístico t	Valor Prob.
CO ₂	-9.0265	0.0000
PIB	-8.0466	0.0000
X	-4.7235	0.0007
GINI	-3.4013	0.0708
TIC	-4.1592	0.0002
CE	-6.4827	0.0000

Nota: *, ** y *** Indica rechazo de la hipótesis nula a un nivel de confianza de 90%, 95% y 99% respectivamente. Todas las variables están expresadas en logaritmos naturales.

Fuente: Elaboración propia con base en Banco Mundial y Secretaría de Energía, empleando el software Eviews 11 Student Lite.

De esta manera al aplicar las pruebas en primeras diferencias se puede concluir que las variables CO₂ y PIB, EXPOR, GINI, TIC Y CE no tienen raíz unitaria, es decir, son estacionarias y, por lo tanto, la serie es integración de orden I(1). Por lo que respecto a la metodología para aplicar un modelo ARDL las variables deben de ser de orden de integración I (1) o I (0) o una combinación de ambos. Por lo que los resultados presentan la factibilidad para aplicar el método seleccionado en la investigación.

6.2 Modelo ARDL

Una vez realizados las pruebas de raíz unitaria, se procedió a modelar bajo la metodología de Pesaran con el Modelo de ARDL, en su versión de largo plazo.

Una vez que se estimó el modelo se hace necesario definir el criterio de selección automático de los rezagos y el número máximo de rezagos para las variables tanto explicativas como para la variable dependiente.

Dicho lo anterior, el modelo ARDL es **(1,0,0,0,1,0)**, utilizando el criterio de **Akaike info Criterion (AIC)**, en donde indica de qué manera impactan las variables explicativas en la variable dependiente en este caso el deterioro ambiental (CO₂) y de mismo modo que tan significativo es su comportamiento, de igual manera se incluye una variable dummy para el año de 1989, la cual fue estadísticamente significativa con el propósito de mejorar el modelo en el año que se presentaron crisis o algún evento anormal para México. A continuación en el cuadro se muestran los resultados obtenidos.

6.2.1 Prueba Long Run Form Bounds

Tabla 3. Resultados de Long Run Form Bounds

Variable	Coefficient	Prob
Log (CONS_EPC_SENER)	0.8574	0.0000
Log (EXPORT)	-0.2318	0.0001
Log (GINI)	1.1247	0.0010
Log(PIB)	0.4601	0.0032
Log(TIC)	0.0307	0.0000

Nota: *, ** y *** Indica rechazo de la hipótesis nula a un nivel de confianza de 90%, 95% y 99% respectivamente. Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos con el software Eviews 11 Student Lite.

En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos sobre el impacto de las variables explicativas sobre la variable dependiente con valores probabilísticos significativos, por lo que la variable que se está explicando en este caso el deterioro ambiental de México, para el caso de las variables consumo de energía, el índice de GINI, el crecimiento económico presenta un impacto positivo de igual manera las TIC tienen

un impacto positivo frente a la variable dependiente mientras que la variable de exportaciones tienen un impacto negativo.

En ese sentido por el uso de logaritmos en la ecuación, se comprueba que una vez que el consumo de energía medido a través del consumo de energía per cápita aumenta en un punto porcentual el deterioro ambiental incrementa en 0.85%, estos resultados coinciden con los trabajos de Emre *et al* (2021) y Campo y Olivares (2013), en donde los autores encuentran que, a largo plazo el consumo de energía es determinante del calentamiento global a través del incremento en las CO₂. El comercio, cuyo indicador son las exportaciones afectan negativamente, indicando que por cada aumento en un punto porcentual hace que el deterioro ambiental disminuyan en una determinada proporción, este resultado coincide con el trabajo de Gómez *et al* (2017), en donde concluyen que las exportaciones impulsan el crecimiento económico, pero que a la vez es necesario promover la producción y al mismo tiempo el consumo de energías más limpias.

Mientras que los resultados de la variable índice de GINI indican que en un aumento en 1%, esto hace que aumente el deterioro ambiental en 1.1%, esto debido a que tiene un efecto positivo, este resultado es similar al trabajo de Ridzuan (2019), en donde la variable desigualdad del ingreso traslada a un aumento del deterioro ambiental, ya que la desigualdad conduce a una menor demanda pública de protección ambiental.

La variable crecimiento económico representada como el pib per cápita muestra un impacto positivo, el cual indica que en un incremento de 1%, el deterioro ambiental aumenta 0.46%, tal como los resultados de Correa *et al* (2005), y Gómez *et al* (2020), en donde encuentran que el aumento del crecimiento económico se está traduciendo en un mayor deterioro ambiental, mientras que en el trabajo de Ortiz y Gómez (2021), en donde se avaló específicamente la hipótesis de la CAK, encontrando que cuando crece la actividad económica las emisiones contaminantes también lo hacen, en la medida en que las economías avanzan en sus etapas de desarrollo económico hasta cierto nivel de ingreso, después de este punto, las emisiones crecen a un ritmo menor que la producción. Esto suele suceder cuando

se utilizan tecnologías más limpias, la población es más consciente con el medio ambiente y las regulaciones ambientales son más efectivas.

Finalmente la variable TIC se encontró que en un aumento de un punto porcentual hace que el deterioro ambiental aumente en 0.03%, de acuerdo a este resultado se encuentra el mismo efecto de esta variable con el trabajo realizado por Cetin *et al* (2021), realizado para la economía de Turquía en donde concluyen que las TIC afectan positivamente al deterioro ambiental, es decir conducen al aumento de las CO₂. Mientras que en el trabajo de Naheed *et al* (2020), el signo de esta variable fue negativa en donde los autores sugieren que con mayores niveles de desarrollo de un país, sería posible contribuir a la sostenibilidad ambiental. Por lo tanto, el resultado del impacto de esta variable con respecto al deterioro para el caso de México, puede ser útil para los responsables de crear políticas encaminadas en fomentar las inversiones en TIC, tal como en la investigación realizada por Emre *et al* (2021), en donde se incluyó México y los resultados demuestran que las TIC pueden ayudar a mitigar el deterioro ambiental.

La prueba de cointegración que se aplicó es la conocida como “*Bounds Test*”, la cual consiste en una prueba con el valor estadístico F. El valor del estadístico F debe de encontrarse fuera de los límites que se definen en la prueba, es decir, si es menor al límite inferior, no se presentaría evidencia de cointegración entre las variables, sin embargo, si el valor del estadístico F se encuentra por encima del límite máximo del intervalo entonces existe evidencia de largo plazo.

Por lo tanto se verificó si las variables están cointegradas en el largo plazo en donde la prueba de límites nos indica que el F-statistic es de 23.2885, es decir, está por arriba de los límites por lo que nuestras variables presentan evidencia de cointegración a largo plazo por lo que se confirma que no se muestra una relación espuria. (Véase en el anexo 1).

Tabla 4. Bounds Test

F-Static	Porcentaje	I (0)	I (1)
23.2885	10%	1.81	2.93
	5%	2.14	3.34
	1%	2.82	4.21

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos con el software Eviews 11 Student Lite.

Al analizar el modelo y verificar que no es espurio, el modelo ARDL también contiene un análisis a corto plazo, que modela la velocidad de ajuste que tiene el modelo ante la aparición de choques o perturbaciones externas.

El mecanismo de corrección de error, muestra una expresión a corto plazo de la regresión, el cual dio un resultado de **-0.7625**, por lo que cumple con sus tres características de ser negativo, inferior a la unidad y ser significativo, en donde el ser negativo muestra que hay una corrección, la cual se activa si hay un impacto positivo se regresa a su media e inferior a 1 para que exista la convergencia, por lo que se puede decir que el modelo converge en el largo plazo, en otras palabras este valor indica, que ante un choque entre las variables independientes, este se corrige en un año el cual es el periodo de análisis, en un 76%, es decir, ante cualquier anomalía externa se estará corrigiendo en el lapso de 7 años. Véase en el anexo 2.

Tabla 5. Error Corretion Form

	Coefficient	Prob
DLOG(PIB)	0.5379	0.0000
Bin89	0.2245	0.0000
CointEq	-0.7625	0.0000

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos con el software Eviews 11 Student Lite.

6.3 Prueba de Residuos

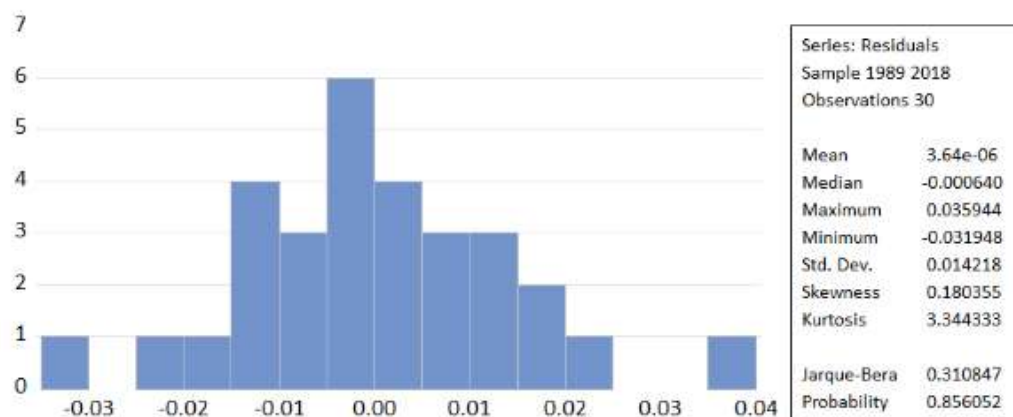
Para poder considerar al modelo como eficiente para medir la relación establecida, debemos considerar las propiedades que debe cumplir los residuales, los cuales debe cumplir con la condición del mejor estimador lineal insesgado (MELI); es decir, que la media sea constante, la varianza sea la mínima posible y que los residuales

estén normalmente distribuidos, en otras palabras los errores deben de cumplir deben de cumplir ciertas características para que el modelo sea considerado estadísticamente pertinente, es decir, estos deben estar normalmente distribuidos, no presentar correlación serial y, deben de ser homocedásticos. Los resultados de las pruebas del modelo se muestran a continuación.

6.3.1 Prueba de normalidad

En la primera prueba de los residuales se aplicó el test de Jarque-Bera teniendo como objetivo el verificar que los residuales estén normalmente distribuidos, es decir, que los datos se encuentren distribuidos de manera normal. Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

Figura 4. Prueba de normalidad



Fuente:Elaboración propia con datos obtenidos con el software Eviews 11 Student Lite.

De acuerdo con la figura 3, los resultados muestran que los residuales presentan estar normalmente distribuidos, ya que el valor de la probabilidad es de 0.87, el cual es mayor a cualquier nivel de significancia, por lo que se cumple con el supuesto de normalidad, además, de que el coeficiente de asimetría tiende a 0 y el valor de la curtosis es de 2.74.

6.3.2 Prueba de autocorrelación serial

La siguiente prueba tiene como objetivo identificar que los residuales sean independientes, de acuerdo con la prueba de Breusch-Godfrey, estos residuales no tienen que estar autocorrelacionados entre sí, por lo que los resultados se pueden observar a continuación.

Tabla 6. Prueba de Correlación serial

Estadístico-F	Prob
0.0811	0.9224

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos con el software Eviews 11 Student Lite.

En la tabla 6 se muestran los resultados donde se confirma que los residuales son independientes y, por lo tanto, se afirma que el modelo no está auto correlacionado, a cualquier nivel de significancia.

6.3.3 Prueba de heterocedasticidad

Finalmente en la última prueba se aplicó el test de White sin términos cruzados, el cual tiene como finalidad comprobar que los residuales presenten una dispersión uniforme acorde a la media a lo largo del tiempo, es decir que los coeficientes sean iguales a cero. De acuerdo con los resultados se confirma que el modelo es homocedastico. Por lo tanto se comprueba que el modelo cumple con los tres supuestos clásicos por lo que se pueden realizar conclusiones con los resultados obtenidos.

Tabla 7. Prueba de Homocedasticidad

Estadístico-F	Prob
0.7687	0.6337

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos con el software Eviews 11 Student Lite.

Una vez que se cumplió la prueba de normalidad y de correlación se pasó a la prueba de homocedasticidad con el propósito de saber si la varianza del error es constante a lo largo de las observaciones, encontrando su valor de probabilidad de 0.7950, es decir, que estamos en presencia de homocedasticidad ya que el valor es mayor a cualquier nivel de significancia. Con estos resultados se comprueba que el modelo cumple con los tres supuestos clásicos, en ese sentido, se puede proceder a realizar inferencias con los resultados obtenidos.

Conclusiones

Una vez que se llevó a cabo el estudio de las series de tiempo de las variables deterioro ambiental, crecimiento económico, consumo de energía, exportaciones, índice de GINI y las TIC para el caso de México durante el periodo 1988-2018, mediante un modelo econométrico de Rezagos Distribuidos (ARDL) por sus siglas en inglés, se obtuvo como resultados que dichas series son no estacionarias, comprobándose mediante pruebas de raíz unitaria, conclusión a la que se llegó por medio de la aplicación en sus primeras diferencias para no caer en el problema de regresión espuria.

Al ser las variables sujeto de estudio de orden de integración $I(1)$ se aplicó la prueba de cointegración a largo plazo, los resultados revelan que las variables consumo de energía, crecimiento económico, índice de GINI, y las TIC afectan positivamente al deterioro ambiental, mientras que la variable exportaciones afectan negativamente al deterioro ambiental de México, siendo todas las variables estadísticamente significativas en el modelo. Mientras que la prueba de límites se verificó si las variables están cointegradas en el largo plazo, por lo que los resultados del F-statistic revelan que existe evidencia de cointegración entre las variables al 1% de significancia, por lo tanto se confirma que no se muestra una relación espuria.

En lo que respecta a la variable consumo de energía fue medida a través de consumo de energía per cápita en toneladas, mostrando ser estadísticamente significativa a un nivel de confianza del 95%, su coeficiente fue positivo, lo que coincide con otros trabajos empíricos, ya que no existe ningún consenso de alguna teoría para esta variable, mientras que su hipótesis que se planteó en los fundamentos de la investigación, por lo tanto su hipótesis planteada se cumple, ya que se determinó que durante el periodo que comprende este estudio a mayor consumo de energía se tuvo mayor deterioro ambiental,

El índice de GINI se midió como el índice, los resultados coinciden con otros estudios empíricos, ya que tuvo un impacto positivo, es decir, a mayor desigualdad del ingreso mayor deterioro ambiental, cumpliendo así con la hipótesis establecida.

Otra de las variables que se determinó y fue estadísticamente significativa, es el crecimiento económico medido como el PIB per cápita, el cual muestra que a un incremento del PIB per cápita conlleva aun mayor deterioro ambiental, comprobando así la teoría y concordando con evidencias empíricas en estudios similares que a mayor crecimiento económico mayor deterioro ambiental, por lo que la hipótesis planteada se cumple.

Para esta investigación también se consideró la variable TIC, la cual es una variable que de manera particular para el caso de México no hay estudios similares en donde se incluya, la cual fue medida por los suscriptores móviles, dicha variable tiene un impacto positivo, los resultados revelan que a un aumento de las TIC, el deterioro ambiental aumenta de manera significativo en México.

Finalmente otra variable considerada en el estudio es, el comercio medido a través de su indicador de las exportaciones de bienes y servicios en dólares a precios constantes de 2010, teniendo un impacto negativo frente al deterioro ambiental y siendo estadísticamente significativa, es decir, en un incremento de las exportaciones disminuye el deterioro ambiental en un tanto porcentual, por lo tanto, este resultado coincide con otros estudios empíricos similares, cumpliéndose de esta manera la hipótesis planteada.

Estos resultados implican que es importante promover el uso de energías más limpias, adoptar un mejor modelo energético en nuestro país, en donde los avances tecnológicos jugarán un papel importante para generar fuentes de energías renovables o más limpias.

Los avances en la introducción de tecnologías jugaran un papel importante, para ello se debe de apoyar la implementación de tecnologías más limpias, donde las TIC pueden ayudar a mitigar la contaminación ambiental siendo estas más amigables con el medio ambiente.

La desigual del ingreso conduce a una menor demanda pública de protección ambiental ya que las personas están más preocupados por la supervivencia diaria

(una vivienda, alimentación, empleo) y no por el medio ambiente, finalmente se debe de promover el comercio de bienes y servicio, es decir, que el país se vuelva más eficiente en la producción, con mejores procesos productivos reduciendo el consumo de energía e implementando un mayor uso de energías renovables que pueden ayudar a mitigar la contaminación ambiental.

Además se aplicó la prueba de mecanismo de corrección de error, en donde los resultados demuestran que cumple con sus tres características, es decir, ser negativo, inferior a la unidad y es estadísticamente significativo, mientras que la variable índice de gini y la variable dummy para el año de 1989 fueron estadísticamente significativas en el corto plazo, donde el mce muestra que en un año el daño se recuperara en .7625 % para el caso de México.

Cabe señalar que una de las principales aportaciones de la presente investigación radica en la metodología aplicada y por considerar variables que anterior mente no se han analizado de manera conjunta en el análisis deterioro ambiental en México, dado que esta metodología de rezagos distribuidos (ARDL), hace un análisis a largo plazo, de esta manera se pueden identificar el impacto de las diferentes variables independientes sobre la independiente.

Dicho lo anterior y mencionado anteriormente se realizó una extensa revisión de literatura de las principales variables que afectan al deterioro ambiental, se encontró que en la mayoría de los trabajos analizan principalmente el impacto de variables como el consumo de energía, el comercio y el crecimiento económico, coincidiendo con otros trabajos realizados en México, sin embargo, en los trabajos recientes de Caglar, Mert y Boluk (2021), Ridzuan (2019) y Cetin, Demir y Saygin (2021), han analizado variables como el Índice de GINI y las TIC para verificar el impacto que ejercen sobre el deterioro ambiental, de manera particular para el caso de México no se ha realizado ningún otro trabajo que analicen el impacto de estas variables, siendo uno de los principales aporte de esa investigación y original, de esta manera, está investigación también será una guía para realizar trabajos futuros donde se pueda ampliar en primera instancia el periodo analizado, de la misma manera implementando algún otro indicador sobre el deterioro ambiental, esto con la

intención de verificar o poder encontrar otros resultados respecto de esta investigación.

Recomendaciones

Al ser el deterioro ambiental un tema tan amplio y tan importante en la actualidad para el bienestar de todos los individuos, es claro que se debe de estudiar más a fondo pues el implementar nuevas estrategias para poder combatir este problema del agotamiento de los recursos naturales es crucial para la existencia de toda la humanidad. Es por ello, que se deben de tomar en cuenta otros aspectos que influyen en dicho factor como la educación que estuvo fuera del alcance de esta investigación, la población, y energías renovables, además de tomar en cuenta la importancia de saber que no es un problema que le corresponda a una sola persona/autoridad sino, que todos debemos de aportar lo que nos corresponde.

En ese sentido, y de acuerdo con los resultados encontrados en esta investigación se debe de poner atención de manera particular al sector de energía ya que fue una de las variables que más impacto ejerce sobre el deterioro ambiental para el caso de México, debemos de despertar el interés sobre nuestro consumo de energía, por lo tanto, se sugiere que las autoridades gestionen y exijan cada vez más a el sector público como privado la implementación de energías más sostenibles en las diferentes áreas, en donde tanto escuelas, hospitales y edificios implementen energías amigables con el medio ambiente. Dicho lo anterior debemos de aplicar medidas encaminadas a cambiar nuestra relación con la energía, adoptar un mejor modelo energético en nuestro país, en donde los avances tecnológicos pueden jugar un papel importante para generar fuentes de energías renovables o más limpias, en donde

Por otra parte, la industria automotriz jugara un papel importante para todo el mundo, ya que se poder disminuir las emisiones de (CO₂), a través de la nueva tendencia que apenas empieza la cual es la utilización de autos eléctricos/híbridos, es decir, la sustitución de vehículos contaminantes por vehículos limpios, siendo una de las formas en combatir el deterioro ambiental en cuestión de las emisiones de (CO₂), ya que esta nueva era de la utilización de coches eléctricos puede ser una medida favorable para el medioambiente en términos de GFI, que puede generar grandes beneficios tanto para la sociedad como para nuestro planeta.

Para el caso particular de México, puede ser una gran oportunidad esta nueva era de la industria automotriz, para ello se recomienda que se debe de impulsar la minería del litio en México ya que puede ser uno de los principales oferentes del mundo, y que puede llegar a incorporarse a la cadena de producción de vehículos eléctricos, esto apoyaría al desarrollo regional y de esta manera poder disminuir la pobreza y mejorar el nivel de vida de todos los mexicanos.

Otra de las recomendaciones para futuros trabajos es alargar el periodo de estudio sujeto de esta investigación pues durante un año puede haber efectos significativos para una serie de tiempo los cuales podrían arrojar diferentes resultados y se podría tener un estudio más completo.

Por último para futuras líneas de investigación se deberían de incluir otras variables que pudiesen estar afectando el aumento del deterioro ambiental en México y con la finalidad de nuevas líneas de investigación. Dichas variables pudieran ser energías renovables, diversificación de las exportaciones y diversificación de mercado, etc.

Bibliografía

Angeles, D., Cortés, J. F., & Sámano, D. (2019). Evolución y Características del Traspaso del Tipo de Cambio a Precios en México. *Banco de México*.

Atsu, F, Adams, S, y Adjei, J. (2021). ICT, energy consumption, financial development, and environmental degradation in South África. *Heliyon*, 1-10, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07328>

Appleyard, D. R., & Field, A. J. (2014). *International Economic*. Nueva York: McGraw-Hill/Irwin.

Balaguer, J., & Cantavella, M. (2018). The role of education in the Environmental Kuznets Curve. Evidence from Australian data. *Energy Economics*, 70, 289-296. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.01.021>

Blanco, R. G. (2011). Diferentes teorías del comercio internacional. *Información Comercial Española, ICE: Revista de economía*(858), 103.117. Recuperado el 17 de noviembre de 2021, de <https://www.guao.org/sites/default/files/biblioteca/Diferentes%20teor%C3%ADas%20del%20comercio%20intencional.pdf>

Caglar, A., Mert, M., & Boluk, G. (2021). Prueba del papel de las tecnologías de la información y la comunicación y el. *Revista de producción más limpia*, 1-9. Recuperado el 15 de mayo de 2022

Campo, J., & Olivares, W. (2013). relación entre las emisiones de co2, el consumo de energía y el pib: el caso de los civets. *Semestre Económico*, 16(33), 45-66. Recuperado el 14 de mayo de 2022, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-63462013000100003&lng=pt&nrm=iso&tlng=es

CEPALSTAT. (02 de junio de 2022). *CEPAL*. Recuperado el 28 de mayo de 2022, de

https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?indicator_id=2207&area_id=131&lang=es

- Cetin, M., Demir, H., & Saygin, S. (2021). Financial Development, Technological Innovation and Income Inequality: Time Series Evidence from Turkey. *Social Indicators Research*, 1-23. doi:<https://doi.org/10.1007/s11205-021-02641-7>
- Correa, F., Vasco, A. F., & Pérez, C. (2005). La Curva Medioambiental de Kuznets: Evidencia Empírica para Colombia, Grupo de Economía Ambiental (GEA). *Semestre Económico*, 8(15), 13-30. Recuperado el 20 de mayo de 2022, de <https://www.redalyc.org/pdf/1650/165013659001.pdf>
- Cuevas, A. B. (2011). Factores que influyen en la emisión de gases de efecto invernadero en China: aumento de la población y crecimiento económico, 1980-2009. *México y la Cuenca del Pacífico*(42), 37-65. Recuperado el 15 de MAYO de 2022, de <https://www.redalyc.org/pdf/4337/433747500003.pdf>
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. *Ecological Economic*, 49, 431-455. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.02.011>
- Emre, A., Mert, M., & Boluk, G. (2021). Prueba del papel de las tecnologías de la información y la comunicación y el consumo de energía renovable en la calidad de la huella ecológica: evidencia de los 10 países con mayor huella de contaminantes del mundo. *Revista de producción más limpia*, 298, 1-9. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126784>
- GFN. (13 de mayo de 2022). *Global Footprint Network*. Recuperado el 05 de mayo de 2022, de <https://www.footprintnetwork.org/resources/glossary/#global-hectare-gha>
- Gómez, C. A., Barrón, K. S., & Moreno, L. (2022). crecimiento económico y medio ambiente en México. *el trimestre económico*, LXXVIII(311), 547-582. Recuperado el 05 de junio de 2022, de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-718X2011000300547

- Gómez, C. F., Cerquera, Ó. H., & Acero, E. F. (2020). La curva medioambiental de Kuznets y el crecimiento económico sostenible en Colombia. *Apuntes CENES*, 40(71), 165-188. doi:<https://doi.org/10.19053/01203053.v40>.
- Gómez, M. (2021). Crecimiento de la población y la degradación ambiental en México y el mundo. *Revista Nicolaita de Estudios Económicos*, XVI(2), 91-95. doi:10.33110/rnee.v16i2.331
- Gómez, M., & Hernández, P. (2007). Integración estacional y cambio estructural en variables económicas de México (1980-2005). *Revista Nicolaita de Estudios Económicos*, 2, 29-52. Obtenido de <https://rnee.umich.mx/index.php/rnee/article/view/20>
- Gómez, M., & Rodríguez, J. C. (2019). Consumo de energía y desarrollo financiero en los países del TLCAN, 1971-2015. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, 1-16. Recuperado el 04 de Mayo de 2022
- Gómez, M., & Rodríguez, J. C. (2020). The Ecological Footprint and Kuznets Environmental Curve in the USMCA Countries: A Method of Moments Quantile Regression Analysis. *Energies*, 13(6650), 1-15. doi:10.3390/en13246650
- Gómez, M., Ciarreta, A., & Zarraga, A. (2017). Consumo de energía, crecimiento económico y comercio: Un análisis de causalidad para México. *EconoQuantum*, 15, 53-72. Recuperado el 09 de mayo de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-66222018000100053
- Gómez, M., Ciarreta, A., & Zarraga, A. (2018). Linear and Nonlinear Causality between Energy Consumption and Economic Growth: The Case of Mexico 1965-2014. *Energies*, 11(784), 1-15. doi:10.3390/en11040784

Grossman, G. M, Krueger, A, B. (1995). Economic growth and the environment. *Quarterly journal of economics* 110 (2), 353 - 377. <https://doi.org/10.2307/2118443>

Grossman, G. M, Krueger, A, B. (1996). The inverted-U: what does it mean?. *Environment and Development Economics*, 1(1),119-122. <https://doi.org/10.1017/S1355770X00000450>

Gujarati, D. A., & Porter, D. C. (2010). *Econometría* (Quinta Edición ed.). México: McGRAW-HILL. Recuperado el 17 de mayo de 2022, de <https://fvela.files.wordpress.com/2012/10/econometria-damodar-n-gujarati-5ta-ed.pdf>

Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: McGRAW-HILL / Interamericana Editores, S.A. DE C.V.

Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta Edición ed.). México D.F: McGRAW-HILL.

Khan, F, Sana, A y Arif, U. (2020). Information and communication technology (ICT) and environmental sustainability: a panel data analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-20, <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09704-1>

Liu, H., Kim, H., Liang, S., & Kwon, O. S. (2018). Export Diversification and Ecological Footprint: A Comparative Study on EKC Theory among Korea, Japan, and China. *Sustainability*, 10(3657), 1-12. doi:doi:10.3390/su10103657

López, C. (2011). Crecimiento económico, consumo de energía y emisiones contaminantes. *Revista Fuente*(9), 67-80. Obtenido de <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-09/4.pdf>

López, C. S., Arreola, K. S., & Moreno, L. (2011). crecimiento económico y medio ambiente en México. *el trimestre económico*, LXXVIII(311), 547-582. Recuperado el 07 de mayo de 2022, de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-718X2011000300547

Mendoza, J. A., & Rodríguez, C. (2020). ¿la curva ambiental de kuznets sigue siendo válida para explicar la degradación? una revisión teórica. *economía conyuntural*, 1-51. Recuperado el 20 de mayo de 2022, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2415-06222021000300003

Molero, L. E., Andino, T. S., Párraga, M. I., Álava, H. E., & Bejarano, H. F. (2021). Curva de Kuznets Ambiental y determinantes de las emisiones de CO2 en Ecuador: un enfoque de cointegración. *South Florida Journal of Development*, 2(4), 6453-6474. doi:DOI: 10.46932/sfjdv2n5-014

Naheed, F., Sana, A., & Arif, U. (2020). Tecnología de la información y las comunicaciones (TIC) y sostenibilidad ambiental: un análisis de datos de panel. *Investigación en ciencias ambientales y contaminación*, 1.14.

Navarro, J. C. (2014). *Epistemología y metodología*. México: Grupo Editorial Patria.

Network, G. F. (13 de Mayo de 2022). *Global Footprint Network*. Recuperado el 13 de Mayo de 2022, de Global Footprint Network: https://data.footprintnetwork.org/?_ga=2.31071158.881503270.1600433607-198167391.1600346809#/

Ortiz, C. F., & Gómez, M. (2021). Crecimiento económico y calidad ambiental en América Latina, perspectiva desde Kuznets, 1970-2016*. *economía teoría y práctica*, 55, 17-36. doi:<http://dx.doi.org/10.24275/ETYPUAM/NE/552021/Ortiz>

Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. (2001). bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *journal of applied econometrics*, 16, 289-326. doi:DOI: 10.1002/jae.616

- Pinilla, M., Díaz, C., & Sánchez, E. E. (2018). crecimiento económico y emisiones de co2 en américa latina, 1990-2015. *Semestre Económico*, 21(49), 41-55. doi:<https://doi.org/10.22395/seec.v21n49a2>
- Ricardo, D. (1985). *Principios de economía política*. Madrid : Ayuso.
- Ridzuan, S. (2019). Inequality and the environmental Kuznets curve. *Journal of Cleaner Production*, 228, 1472-1481. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.284>
- Sadorsky, P. (2012). Consumo, producción y comercio de energía en América del Sur. *Energy Economics*, 34, 476-488. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.12.008>
- Sánchez, L., & Caballero, K. (2019). La curva de Kuznets ambiental y su relación con el cambio climático en América Latina y el Caribe: un análisis de cointegración con panel, 1980-2015. *Economía del Rosario*, 101-142. Recuperado el 05 de mayo de 2022, de <https://revistas.urosario.edu.co/index.php/economia/article/view/7769>
- Segura, C. F., Losada, Ó. H., & Cebay, E. F. (2021). La curva medioambiental de Kuznets y el crecimiento económico sostenible en Colombia. *Apuntes CENES*, 40(71), 165-188. Recuperado el 01 de mayo de 2022, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-30532021000100165
- SEMARNAT. (2013). *Huella Ecológica datos y Rostros*. México: Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable. Recuperado el 7 de Mayo de 2022, de <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001598.pdf>
- Smith, A. (2017). *Investigaciones sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones*. México: Fondo de Cultura Económica.

- Tello, A. B. (2009). El desarrollo económico y el medio ambiente: el caso de México. *POLÍTICA Y SOCIEDAD*(8), 27-39. Recuperado el 05 de marzo de 2022, de http://148.202.18.157/sitios/publicacionesite/ppperiod/republicana/pdf/ActaRep08/ActaRep08_3.pdf
- UN. (16 de Mayo de 2022). *Naciones Unidas*. Recuperado el 16 de Mayo de 2022, de <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>
- Valencia, H., Santillán, R. J., & Venegas, F. (2020). Sobre la interacción entre el crecimiento económico, el consumo de energía y electricidad, las emisiones de CO₂ y la urbanización en América Latina. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas, Nueva Época*, 15(4), 745-767. doi:DOI: <https://doi.org/10.21919/remef.v15i4.553>
- Vega, A., García, H. H., & Francois, J. (2020). Degradación ambiental por procesos de cambios de uso y cubierta del suelo desde una perspectiva especial en el estado de Guanajuato, México. *Investigaciones Geográficas*(103), 1-20. doi:10.14350/rig.60150
- Vergara, J. C., Maza, F. J., & Quesada, V. M. (2018). Crecimiento económico y emisiones de CO₂: el caso de los países suramericanos. *Revista Espacios*, 39(13), 1-9. Recuperado el 15 de marzo de 2022, de <https://www.revistaespacios.com/a18v39n13/a18v39n13p17.pdf>
- Wooldridge, J. M. (2010). *Introducción a la econometría, un enfoque moderno* (Cuarta edición ed.). México, D.F: Cengage Learning Edi to res, S.A. de C.V.,.
- Zurrita, A., Badii, M. H., Guillen, A., Serrato, O., & Garnica, J. J. (2015). Factores Causantes de Degradación Ambiental. *International Journal of Good Conscience*, 10(3), 1-9. Recuperado el 22 de mayo de 2022, de <http://www.spentamexico.org/v10-n3/A1.10%283%291-9.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Congruencia

Cuadro 6. Matriz de Congruencia

PREGUNTAS GENERAL	OBJETIVO GENERAL	MARCO TEORICO	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	
¿Cuáles son las variables que afectaron al deterioro ambiental de México en el periodo de 1988-2018?	Conocer las variables que influyeron en el deterioro ambiental de México durante el periodo de 1988-2018.	-La Curva Ambiental de Kuznets	Las variables crecimiento económico, consumo de energía, índice de GINI, las TIC y comercio afectaron el deterioro ambiental en México durante el periodo de 1988-2018.	Deterioro ambiental	Emisiones de CO ₂	
		-Teoría del Crecimiento económico		<u>Dependiente:</u>	<u>Independientes:</u>	PIB per cápita
		-Modelo de crecimiento de Solow		-Crecimiento económico	Consumo de energía	Consumo per cápita
		-Teorías Clásicas del Comercio Internacional.		-Consumo de energía	-índice de GINI	GINI
				-TIC	Sub. Móviles	
				-Comercio	Exportaciones	

Fuente: Elaboración propia con base en la literatura revisada

Anexo 2. Base de datos

Año	CO ₂	PIB	EXPOR	GINI	TIC	CE
1988	3.80086777	7079.85566	8.7119E+10	47.8	1500	58.99554384
1989	4.39337855	7229.12021	8.9096E+10	48	8500	60.94758746
1990	3.79337302	7460.69661	9.2344E+10	48.3	63926	59.32212772
1991	3.88198643	7632.44279	9.6577E+10	48.6	160898	60.59312826
1992	3.84378479	7760.90556	9.8203E+10	48.9	312647	59.79794855
1993	3.83037712	7773.16183	1.0187E+11	49.1	386132	59.76925285
1994	3.91297865	8018.72101	1.1083E+11	49.3	569251	61.15894769
1995	3.63086398	7390.71472	1.3322E+11	49.3	688513	59.7730835
1996	3.71904258	7765.60498	1.538E+11	49.2	1021900	61.38528931
1997	3.90831163	8168.91618	1.6823E+11	49.2	1740814	62.99898627
1998	4.05061355	8461.4927	1.8068E+11	49.2	3349475	66.37560783
1999	4.01694898	8567.07843	1.9049E+11	48.9	7731635	64.32728694
2000	4.02814463	8861.86957	2.1252E+11	48.7	14077880	66.19487158
2001	4.11749895	8702.98487	2.1141E+11	48.3	21757559	64.37411727
2002	4.07523549	8580.8873	2.1225E+11	47.9	25928266	65.98470688
2003	4.27051151	8587.08855	2.163E+11	47.5	30097700	67.29923159
2004	4.2224472	8801.3219	2.3765E+11	47.2	38451135	69.3465355
2005	4.39942298	8877.85129	2.5265E+11	47	47128746	74.26380484
2006	4.45565777	9142.80477	2.7239E+11	46.4	55395461	74.31152514
2007	4.4015554	9214.35353	2.7776E+11	46.4	66559462	73.70828698
2008	4.45111791	9181.39997	2.7494E+11	46.4	75303469	74.91345718
2009	4.23203344	8568.61815	2.4509E+11	46	83193574	73.68160114
2010	4.06956042	8878.56138	2.999E+11	45.7	91383493	72.39074163
2011	4.18710449	9076.30145	3.2304E+11	45.4	94583253	74.67192797
2012	4.23217531	9280.25864	3.4411E+11	45.2	100727228	75.30561503
2013	4.12649966	9282.99193	3.4883E+11	44.9	106747373	75.91896138
2014	3.99044615	9426.32459	3.7318E+11	44.5	104948339	72.26178482
2015	3.87819451	9616.64556	4.0459E+11	44	107688282	70.48312259
2016	3.88580937	9751.56908	4.1908E+11	43.4	111730635	74.75125927
2017	3.78121583	9842.40071	4.3652E+11	43.1	114329353	74.88564893
2018	3.74147773	9945.77685	4.6273E+11	42.8	120165322	74.05019845

Anexo 3. Modelo Econométrico en Eviews Metodología ARDL

Dependent Variable: LOG(CO2)
 Method: ARDL
 Date: 12/11/22 Time: 14:55
 Sample (adjusted): 1989 2018
 Included observations: 30 after adjustments
 Maximum dependent lags: 1 (Automatic selection)
 Model selection method: Akaike info criterion (AIC)
 Dynamic regressors (1 lag, automatic): LOG(CONS_EPC_SENER)
 LOG(EXPOR) LOG(GINI) LOG(PIB) LOG(TIC)
 Fixed regressors: BINA89
 Number of models evaluated: 32
 Selected Model: ARDL(1, 0, 0, 0, 1, 0)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
LOG(CO2(-1))	0.264791	0.081157	3.262716	0.0036
LOG(CONS_EPC_SENER)	0.630404	0.124068	5.081105	0.0000
LOG(EXPOR)	-0.170440	0.037533	-4.541072	0.0002
LOG(GINI)	0.826940	0.141287	5.852924	0.0000
LOG(PIB)	0.537945	0.144576	3.720856	0.0012
LOG(PIB(-1))	-0.199606	0.113469	-1.759124	0.0925
LOG(TIC)	0.022622	0.003994	5.663686	0.0000
BINA89	0.224524	0.024686	9.095168	0.0000
R-squared	0.939602	Mean dependent var	1.397325	
Adjusted R-squared	0.920384	S.D. dependent var	0.057853	
S.E. of regression	0.016324	Akaike info criterion	-5.169182	
Sum squared resid	0.005862	Schwarz criterion	-4.795530	
Log likelihood	85.53773	Hannan-Quinn criter.	-5.049647	
Durbin-Watson stat	2.153846			

*Note: p-values and any subsequent tests do not account for model selection.

ARDL Long Run Form and Bounds Test

Dependent Variable: DLOG(CO2)

Selected Model: ARDL(1, 0, 0, 0, 1, 0)

Case 1: No Constant and No Trend

Date: 12/11/22 Time: 14:59

Sample: 1988 2018

Included observations: 30

Conditional Error Correction Regression

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(CO2(-1))*	-0.735209	0.081157	-9.059130	0.0000
LOG(CONS_EPC_SE...	0.630404	0.124068	5.081105	0.0000
LOG(EXPOR)**	-0.170440	0.037533	-4.541072	0.0002
LOG(GINI)**	0.826940	0.141287	5.852924	0.0000
LOG(PIB(-1))	0.338340	0.103621	3.265154	0.0035
LOG(TIC)**	0.022622	0.003994	5.663686	0.0000
DLOG(PIB)	0.537945	0.144576	3.720856	0.0012
BINA89	0.224524	0.024686	9.095168	0.0000

* p-value incompatible with t-Bounds distribution.

** Variable interpreted as $Z = Z(-1) + D(Z)$.

Levels Equation

Case 1: No Constant and No Trend

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(CONS_EPC_SE...	0.857448	0.137727	6.225708	0.0000
LOG(EXPOR)	-0.231825	0.047274	-4.903829	0.0001
LOG(GINI)	1.124768	0.212302	5.297957	0.0000
LOG(PIB)	0.460195	0.139239	3.305085	0.0032
LOG(TIC)	0.030769	0.005857	5.253518	0.0000

$$EC = LOG(CO2) - (0.8574 * LOG(CONS_EPC_SENER) - 0.2318 * LOG(EXPOR) + 1.1248 * LOG(GINI) + 0.4602 * LOG(PIB) + 0.0308 * LOG(TIC))$$

F-Bounds Test Null Hypothesis: No levels relationship

Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
Asymptotic: n=1000				
F-statistic	23.28850	10%	1.81	2.93
k	5	5%	2.14	3.34
		2.5%	2.44	3.71
		1%	2.82	4.21
Finite Sample: n=30				
Actual Sample Size	30	10%	-1	-1
		5%	-1	-1
		1%	-1	-1

t-Bounds Test Null Hypothesis: No levels relationship

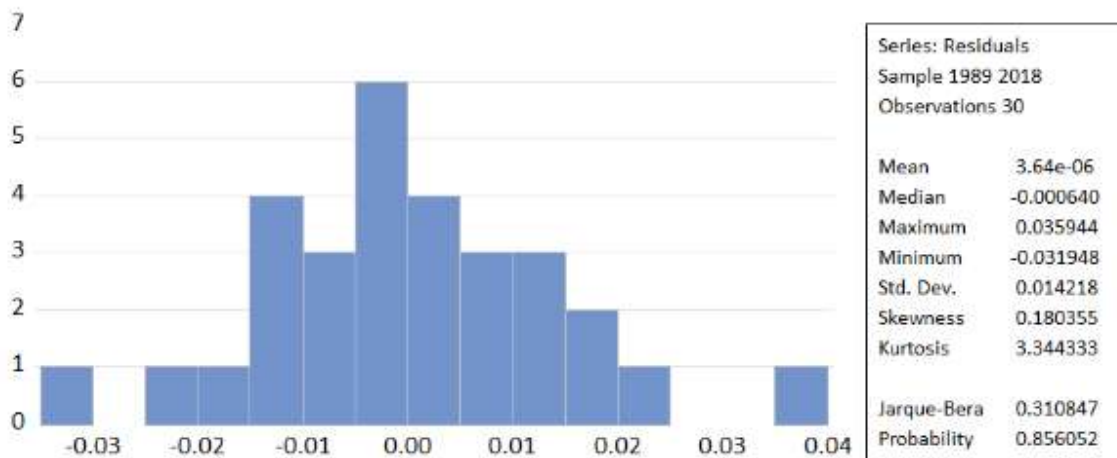
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
t-statistic	-9.059130	10%	-1.52	-3.49
		5%	-1.95	-3.83
		2.5%	-2.24	-4.12
		1%	-2.58	-4.44

ARDL Error Correction Regression
 Dependent Variable: DLOG(CO2)
 Selected Model: ARDL(1, 0, 0, 0, 1, 0)
 Case 1: No Constant and No Trend
 Date: 12/11/22 Time: 15:04
 Sample: 1988 2018
 Included observations: 30

ECM Regression				
Case 1: No Constant and No Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DLOG(PIB)	0.537945	0.090780	5.925825	0.0000
BINA89	0.224524	0.016259	13.80888	0.0000
CointEq(-1)*	-0.735209	0.056143	-13.09534	0.0000
R-squared	0.912641	Mean dependent var		-0.000525
Adjusted R-squared	0.906170	S.D. dependent var		0.048104
S.E. of regression	0.014735	Akaike info criterion		-5.502515
Sum squared resid	0.005862	Schwarz criterion		-5.362396
Log likelihood	85.53773	Hannan-Quinn criter.		-5.457690
Durbin-Watson stat	2.153846			

* p-value incompatible with t-Bounds distribution.

Anexo 4. Prueba de Normalidad



Anexo 5. Prueba de Heterocedasticidad

Heteroskedasticity Test: White
Null hypothesis: Homoskedasticity

F-statistic	0.768734	Prob. F(8,21)	0.6337
Obs*R-squared	6.795472	Prob. Chi-Square(8)	0.5589
Scaled explained SS	4.283972	Prob. Chi-Square(8)	0.8306

Test Equation:
Dependent Variable: RESID^2
Method: Least Squares
Date: 12/11/22 Time: 15:08
Sample: 1989 2018
Included observations: 30

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.017417	0.014103	1.234983	0.2305
LOG(CO2(-1))^2	-0.000419	0.000602	-0.696564	0.4937
LOG(CONS_EPC_SENER)^2	-0.000342	0.000292	-1.171542	0.2545
LOG(EXPOR)^2	-1.98E-05	1.55E-05	-1.274004	0.2166
LOG(GINI)^2	0.000520	0.002275	0.228415	0.8215
LOG(PIB)^2	0.000146	0.000159	0.921378	0.3673
LOG(PIB(-1))^2	-0.000145	0.000148	-0.983864	0.3364
LOG(TIC)^2	1.01E-05	5.12E-06	1.973525	0.0617
BINA89^2	0.000416	0.000442	0.940900	0.3575

R-squared	0.226516	Mean dependent var	0.000195
Adjusted R-squared	-0.068145	S.D. dependent var	0.000304
S.E. of regression	0.000315	Akaike info criterion	-13.04768
Sum squared resid	2.08E-06	Schwarz criterion	-12.62732
Log likelihood	204.7152	Hannan-Quinn criter.	-12.91320
F-statistic	0.768734	Durbin-Watson stat	2.731917
Prob(F-statistic)	0.633676		

Anexo 6. Prueba de Correlación Serial

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

Null hypothesis: No serial correlation at up to 2 lags

F-statistic	0.081126	Prob. F(2,20)	0.9224
Obs*R-squared	0.241421	Prob. Chi-Square(2)	0.8863

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: ARDL

Date: 12/11/22 Time: 15:11

Sample: 1989 2018

Included observations: 30

Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(CO2(-1))	0.002257	0.085862	0.026292	0.9793
LOG(CONS_EPC_SENER)	0.012309	0.137116	0.089774	0.9294
LOG(EXPOR)	-0.004069	0.041539	-0.097958	0.9229
LOG(GINI)	-0.008598	0.150264	-0.057221	0.9549
LOG(PIB)	0.009022	0.152701	0.059082	0.9535
LOG(PIB(-1))	-0.004237	0.119878	-0.035342	0.9722
LOG(TIC)	7.71E-05	0.004181	0.018451	0.9855
BINA89	-0.000629	0.025892	-0.024276	0.9809
RESID(-1)	-0.096565	0.242970	-0.397436	0.6953
RESID(-2)	-0.037761	0.255015	-0.148072	0.8838

R-squared	0.008047	Mean dependent var	3.64E-06
Adjusted R-squared	-0.438331	S.D. dependent var	0.014218
S.E. of regression	0.017052	Akaike info criterion	-5.043929
Sum squared resid	0.005815	Schwarz criterion	-4.576863
Log likelihood	85.65893	Hannan-Quinn criter.	-4.894510
Durbin-Watson stat	2.015779		