



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN NEGOCIOS INTERNACIONALES

**EFFECTOS DEL CONSUMO DE LA ENERGÍA RENOVABLE EN EL
COMERCIO INTERNACIONAL DE AMÉRICA DEL NORTE: UN ANÁLISIS
DE DATOS PANEL, 1989-2019**

T E S I S

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

PRESENTA:

BLANCA ESTHELA BARRERA FLORES

DIRECTOR:

DR. MARIO GÓMEZ AGUIRRE

MORELIA, MICHOACÁN, OCTUBRE DEL 2022

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN NEGOCIOS INTERNACIONALES

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Morelia, Mich., el día 29 de septiembre de 2022, los miembros de la Mesa de Sinodales designada por el H. Consejo Técnico del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales (ININEE) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), aprobaron presentar el examen de grado la tesis titulada:

**“EFECTOS DEL CONSUMO DE LA ENERGÍA RENOVABLE EN EL
COMERCIO INTERNACIONAL DE AMÉRICA DEL NORTE: UN ANÁLISIS DE
DATOS PANEL, 1989-2019”**

Presentada por la alumna:

Blanca Esthela Barrera Flores

Aspirante al grado de **Maestra en Ciencias en Negocios Internacionales**. Después de haber efectuado las revisiones necesarias, los miembros de la Mesa de Sinodales manifestaron SU APROBACIÓN DE LA TESIS, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA MESA DE SINODALES

Director de la Tesis

Dr. Mario Gómez Aguirre

Dra. Irma Cristina Espitia Moreno

Dr. José Carlos Alejandro Rodríguez Chávez

Dr. José César Lenin Navarro Chávez

Dr. Antonio Favila Tello

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN NEGOCIOS INTERNACIONALES

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de Morelia, Michoacán, el día 29 de septiembre de 2022, la que suscribe **BLANCA ESTHELA BARRERA FLORES**, alumna del programa de la Maestría en Ciencias en Negocios Internacionales adscrita al Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales (ININEE), manifiesta ser la autora intelectual del presente trabajo de tesis, desarrollado bajo la dirección del Dr. Mario Gómez Aguirre y cede los derechos del trabajo titulado **“EFECTOS DEL CONSUMO DE LA ENERGÍA RENOVABLE EN EL COMERCIO INTERNACIONAL DE AMÉRICA DEL NORTE: UN ANÁLISIS DE DATOS PANEL, 1989-2019”** a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo para su difusión con fines estrictamente académicos.

No está permitida la reproducción total o parcial de este trabajo de tesis ni su tratamiento o transmisión por cualquier medio o método sin la autorización escrita de la autora y/o director del mismo. Cualquier uso académico que se haga de este trabajo, deberá realizarse conforme a las prácticas legales establecidas para este fin.



BLANCA ESTHELA BARRERA FLORES

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN NEGOCIOS INTERNACIONALES

CARTA DE ORIGINALIDAD

A QUIEN CORRESPONDA. –

Por este medio se hace constar que el trabajo de tesis titulado **“EFECTOS DEL CONSUMO DE LA ENERGÍA RENOVABLE EN EL COMERCIO INTERNACIONAL DE AMÉRICA DEL NORTE: UN ANÁLISIS DE DATOS, PANEL, 1989-2019”** realizado por la alumna **Blanca Esthela Barrera Flores** con matrícula 0941054E de la Maestría en Ciencias en Negocios Internacionales, dirigido por el Dr. Mario Gómez Aguirre, fue analizado a través de la herramienta de detección de plagio iThenticate de Turnitin.

Con base en el reporte de las similitudes encontradas por dicha herramienta informática, **se considera que el trabajo de tesis no constituye un plagio** con respecto a obras de terceros.

Los resultados del análisis se encuentran bajo resguardo de la coordinación de la Maestría en Ciencias en Negocios Internacionales y de la Secretaría Académica del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

ATENTAMENTE

Morelia, Mich., a 29 de septiembre de 2022


Dr. Mario Gómez Aguirre
Director de Tesis


Blanca Esthela Barrera Flores
Alumna

Signature:

Email: mgomez@umich.mx

AGRADECIMIENTOS

Principalmente, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT, por la oportunidad que me brindaron para realizar estudios de Maestría en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad PNPC.

A mi casa de estudios, la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo UMSNH, por ser el pilar de mi formación académica y por brindarme las herramientas educativas necesarias para lograr un óptimo desempeño dentro del ámbito profesional.

De forma muy respetuosa, al Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales ININEE, por abrirme las puertas de un mundo académico de calidad y excelencia. Puntualmente, externo mi admiración y agradecimiento a todos y cada uno de los fundadores y colaboradores del Instituto, por la incansable labor que han desempeñado durante toda su trayectoria.

Muy ampliamente, reconozco el invaluable apoyo que en todo momento recibí de mi Director de Tesis, el Dr. Mario Gómez Aguirre, a quien agradezco infinitamente por su tiempo, su dedicación y sus conocimientos, factores que fueron indispensables para el desarrollo de esta investigación.

Externo toda mi gratitud a mis sinodales por sus muy valiosas y enriquecedoras aportaciones, muy respetuosamente a la Dra. Irma Cristina Espitia Moreno; al Dr. José Carlos Alejandro Rodríguez Chávez; al Dr. José César Lenin Navarro Chávez y al Dr. Antonio Favila Tello.

Asimismo, a todos mis profesores por la impecable labor que desempeñaron durante mi estancia en el Instituto, por sus conocimientos que ayudaron a fortalecer mi crecimiento académico y profesional.

DEDICATORIA

A Dios y a mi Madre.

Contenido

Resumen	IX
Abstract.....	X
Glosario.....	XI
Siglas y abreviaturas.....	XVI
Introducción.....	18
CAPÍTULO I. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN	24
1.1. Problemática	24
1.1.1 Planteamiento del problema.....	24
1.1.2 Descripción del problema.....	25
1.1.3 Problemas de investigación	26
1.2. Preguntas de la investigación	27
1.2.1 General	27
1.2.2 Específicas.....	27
1.3. Objetivos	27
1.3.1 General	27
1.3.2 Específicos	28
1.4. Hipótesis	28
1.4.1 Hipótesis general	28
1.4.2 Hipótesis particulares.....	29
1.5. Variables.....	29
1.5.1 Variable dependiente	29
1.5.2 Variables explicativas.....	29

1.6. Justificación.....	30
1.6.1 Relevancia social	30
1.6.2 Medio ambiente.....	31
1.6.3 Política energética y económica mundial	32
1.6.4 Horizonte temporal y espacial	33
1.6.5 Viabilidad de la investigación	33
1.7. Tipo de investigación	33
 CAPÍTULO II. MARCO CONTEXTUAL	 35
2.1. América del Norte y su integración geopolítica y económica	35
2.1.1 Tratados de libre comercio de América del Norte	40
2.1.2 Intercambio comercial de América del Norte	43
2.2. Cooperación e integración energética en América del Norte	51
2.2.1 Políticas del <i>USMCA</i> para la preservación del medio ambiente	53
2.2.2 Energía renovable y medio ambiente de la región.....	53
2.3. Cambio climático en la región de América del Norte	60
2.4. Proyección hacia el desarrollo sostenible de la región para el año 2030 ...	62
 CAPÍTULO III. REVISIÓN DE LITERATURA TEÓRICA Y EMPÍRICA	 65
3.1. Fundamentos teóricos	65
3.1.1 Definición de comercio	65
3.1.2 Definición de comercio internacional.....	65
3.1.3 Concepto de energía renovable	66
3.1.4 Definición de crecimiento económico sostenible	66
3.1.5 Definición de demanda de energía	67
3.1.6 Definición de emisiones de CO ₂	67
3.2. Principales teorías clásicas del comercio.....	67

3.2.1	Teorías de crecimiento económico y comercio	70
3.2.2	Teoría del desarrollo económico	72
3.2.3	Teoría de Heckscher-Ohlin	74
3.3.	Modelos de crecimiento económico y comercio	75
3.3.1	Export-Led Growth hypothesis (ELG)	76
3.4.	Revisión de literatura empírica.....	77
3.4.1	Modelos de crecimiento con recursos renovables y comercio	78
3.4.2	Modelos de consumo de energía eléctrica y comercio internacional	80
3.4.3	Modelos de crecimiento económico sostenible y comercio	82
3.4.4	Modelos de comercio, degradación ambiental y cambio climático	84
 CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA: MODELO ECONOMETRICO DE DATOS PANEL..		88
4.1.	Análisis de datos panel.....	88
4.1.1	Concepto de econometría.....	88
4.1.2	Justificación para la aplicación de un modelo econométrico	89
4.1.3	Objetivos del análisis econométrico.....	90
4.1.4	Lineamientos de la metodología econométrica.....	90
4.2.	Selección del modelo y muestra	91
4.3.	Estudio de datos de panel	92
4.3.1	Clasificación según la estimación de los modelos de datos panel.....	93
4.3.1.1	Modelos estáticos	93
4.3.1.2	Modelos dinámicos	93
4.3.2	Ventajas del uso de datos panel	93
4.4.	Instrumentos de medición	94
4.4.1	Análisis de regresión múltiple	95
4.4.2	Análisis de cointegración	95
4.4.3	Mecanismo de corrección de errores.....	96
4.4.4	Alternativas de especificación de datos de panel a partir del modelo general...	97

4.5. Pruebas de validación del modelo	98
4.5.1 Pruebas de raíz unitaria	98
4.5.2 Estacionariedad	100
4.5.3 Prueba de cointegración	100
4.5.4 Prueba de causalidad en el sentido de Granger de Dumitrescu & Hurlin	101
4.6. Selección de variables para la estimación de los parámetros del modelo	102
4.6.1 Descripción de las variables del modelo	103
4.7. Modelo econométrico	105
4.8. Sistematización de los datos	106
CAPÍTULO V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	107
5.1. Recolección y procesamiento preliminar de los datos	107
5.2. Gráficas de tendencia de las series	108
5.3. Resultados de las pruebas de raíz unitaria	111
5.3.1 Prueba de raíz unitaria para datos panel	111
5.4. Resultados prueba de cointegración	114
5.5. Resultados del modelo de datos panel	115
5.6. Resultados de la prueba de causalidad	119
Conclusiones	121
Recomendaciones finales	126
Lista de referencias	127
Anexos	140
Anexo 1. Concentrado de datos: importaciones y exportaciones 1989-2019	140

Anexo 2. Concentrado de datos: importaciones y exportaciones de la región de América del Norte 1989-2019.....	141
Anexo 3. Concentrado de datos de las variables de estudio 1989-2019	142
Anexo 4. Descripción de las variables	145
Anexo 5. Fuentes de datos	146
Anexo 6. Gráfica de datos en niveles	147
Anexo 7. Gráfica de datos (logaritmos).....	148
Anexo 8. Prueba de raíz unitaria en niveles.....	149
Anexo 9. Prueba de raíz unitaria en primeras diferencias	150
Anexo 10. Prueba de cointegración.....	151
Anexo 11. Modelo de datos panel.....	152
Anexo 12. Prueba de causalidad.....	153

Resumen

Esta investigación analiza los efectos de las variables consumo de energía renovable, demanda de energía eléctrica, crecimiento económico sostenible y emisiones de CO₂ en el comercio internacional de los países de América del Norte, para el periodo 1989-2019. Para lo cual, se aplican pruebas de raíz unitaria, de cointegración y de causalidad entre las variables, además, se emplea el método de Mínimos Cuadrados Completamente Modificados *FMOLS* para examinar la relación a largo plazo entre las variables. Los resultados de las pruebas de raíz unitaria sugieren que las variables son integradas de diferente orden, mientras que las pruebas de cointegración de paneles muestran una relación de equilibrio a largo plazo entre ellas. Por su parte, los resultados de las pruebas de causalidad revelan una relación de causalidad bidireccional entre las emisiones de CO₂ y la demanda de energía eléctrica, y unidireccional de las emisiones de CO₂ al comercio internacional, de la demanda de energía al consumo de energía renovable, y de las emisiones de CO₂ al crecimiento económico sostenible. Una de las conclusiones más relevantes del método *FMOLS* muestra evidencia de que un aumento en el consumo de energía renovable, incrementa el comercio internacional de la región. Estos resultados sugieren la implementación de medidas de política energética que mejoren las condiciones para aumentar el consumo de energías limpias, ya que no perjudican el desarrollo del comercio, se disminuirían las emisiones de CO₂ provenientes de combustibles fósiles y se aceleraría el crecimiento económico sostenible de América del Norte. Además, la relación de retroalimentación revelada entre las emisiones de CO₂ y la demanda de energía eléctrica, podría mostrar implicaciones importantes dentro la política energética y ambiental del *USMCA*.

Palabras clave: Comercio internacional, energía renovable, crecimiento económico sostenible, emisiones de CO₂, modelo de datos panel, método *FMOLS*.

Abstract

This research analyzes the effects of the variables renewable energy consumption, electricity demand, and sustainable economic growth and CO₂ emissions on international trade of North American countries, for the period 1989-2019. For which, unit root, cointegration and causality tests are applied among the variables, in addition, the Fully Modified Least Squares FMOLS method is used to examine the long-term relationship among the variables. The results of the unit root tests suggest that the variables are integrated of different orders, while the panel cointegration tests show a long-run equilibrium relationship between them. For their part, the results of the causality tests reveal a bidirectional causality relationship between CO₂ emissions and electricity demand, and unidirectional from CO₂ emissions to international trade, from energy demand to renewable energy consumption, and from CO₂ emissions to sustainable economic growth. One of the most relevant conclusions of the FMOLS method shows evidence that an increase in renewable energy consumption increases international trade in the region. These results suggest the implementation of energy policy measures that improve the conditions for increasing clean energy consumption, since they do not harm trade development, CO₂ emissions from fossil fuels would be reduced, and sustainable economic growth in North America would be accelerated. In addition, the feedback relationship revealed between CO₂ emissions and electricity demand could show important implications within the energy and environmental policy of the USMCA.

Keywords: International trade, renewable energy, sustainable economic growth, CO₂ emissions, panel data model, FMOLS method.

Glosario

Acuerdo comercial:

Contrato legal (convenio, tratado o cualquier otro acto vinculante u obligatorio) por el cual varios Estados o países, por voluntad propia, se comprometen a cumplir condiciones y regulaciones específicas en su intercambio de bienes y servicios para facilitar el comercio entre ellas (OMC, 2010).

Acuerdo comercial bilateral:

Contrato legal vinculante que dos países, dos Estados o dos regiones económicas y/o políticas suscriben para regular y facilitar sus intercambios comerciales. Pueden ser recíprocos o no-recíprocos (OMC, 2010).

Acuerdo comercial regional:

Contratos entre dos o más países socios (por lo general, de la misma área geográfica) para mejorar el comercio de bienes y servicios (OMC, 2010).

Acuerdo multilateral:

Acuerdo o contrato vinculante entre varios países (OMC, 2010).

Apertura comercial (libre comercio):

Eliminación progresiva de barreras comerciales, como aranceles y otras restricciones a las importaciones (OMC, 2014).

Balanza comercial:

Registro de las importaciones y exportaciones que se llevan a cabo en un país durante un período determinado. Es la diferencia entre la compra y la venta de bienes y servicios a otros países (exportaciones – importaciones) (OMC, 2012).

Balanza de pagos:

Es una cuenta financiera donde se registran todas las compras o ventas internacionales de activos financieros (Obstfeld & Krugman, 2006).

Comercio:

El comercio es una actividad lucrativa consistente entre la intermediación, que de manera directa o indirecta, exista entre el productor y el consumidor de los diferentes bienes y servicios que se ofertan en el mercado (Código de comercio, art.75).

Comercio internacional:

El comercio internacional abarca el comercio de bienes y servicios y su pronóstico, el comercio por tamaño de la empresa, los términos de intercambio, el valor agregado interno en las exportaciones brutas y el contenido de importación de los datos de las exportaciones (OCDE, 2021).

Consumo de energía:

Cantidad de energía utilizada (Carretero & García, 2012).

Crecimiento económico sostenible:

Es el aumento de la renta o valor de bienes y servicios finales producidos por una economía en un periodo determinado, haciendo uso de recursos sostenibles que no tienen efectos negativos sobre la naturaleza, el clima y la salud humana (ONU, 2022).

Energía:

Para la Física, la energía es la capacidad potencial que tienen los cuerpos para producir trabajo o calor, y se manifiesta mediante un cambio (Merino, 2007).

Energía Renovable:

La energía renovable es una fuente de energía nueva y rentable que protege de volatilidad a los mercados energéticos y a los usuarios, apoya la estabilidad económica y estimula el crecimiento sostenible (IRENA, 2019).

Emisiones de CO₂:

Las emisiones de dióxido de carbono son las que provienen de la quema de combustibles fósiles y de la fabricación del cemento. Incluyen el dióxido de carbono producido durante

el consumo de combustibles sólidos, líquidos, gaseosos y de la quema de gas (Banco Mundial, 2020).

Energías renovables:

Se crean en un flujo continuo y se disipan a través de ciclos naturales que se estima son inagotables, ya que su regeneración es incesante (Badii *et al.*, 2015).

Exportaciones:

Venta de un bien o servicio a un país distinto a aquel en el que se produce (OMC, 2012).

Flujo comercial:

Movimiento de compra y venta de bienes y servicios entre países o regiones (exportaciones e importaciones). Mide la balanza comercial (OMC, 2010).

Gasto Público:

Conjunto de erogaciones que efectúan las entidades gubernamentales (Gobierno Federal, Estatal y Municipal, incluidos los Poderes Legislativo y Judicial, así como el Sector Paraestatal) en el ejercicio de sus funciones (Cabrera *et al.*, 2005).

Globalización:

Liberación del tráfico de mercancías, servicios, dinero y capitales; a la internalización de la producción y también a la posición cada vez más dominante de las empresas multinacionales (Ianni, 1996).

Importaciones:

Cuando un país compra mercancías o servicios producidos en el extranjero para su consumo interno (OMC, 2010).

Integración económica:

Armonización y unificación de las políticas económicas de un grupo, generalmente de Estados que comparten una institucionalidad supranacional, cuyas directrices son obligatorias (OMC, 2012).

Internacionalización:

Es la interrelación de los diversos factores productivos de una empresa a lo largo y ancho del planeta (Lerma Kirchner & Márquez Castro, 2010).

Kt:

Es el producto de la constante de Boltzmann, k (o k_B), y la temperatura, T . Este producto se usa en física como un factor de escala para los valores de energía en sistemas de escala molecular (Banco Mundial, 2020).

KWh (métrico) energía:

El kilovatio hora, abreviado kWh, es una unidad de energía. Equivale a la energía desarrollada por una potencia de un kilovatio (kW) durante una hora, equivalente a 3,6 millones de julios (Convertworld, 2020).

Mercado:

Alude al conjunto de transacciones relacionadas con la compra y venta de bienes y servicios, y al entorno en que los compradores y vendedores de bienes y servicios efectúan dichas transacciones; las transacciones se definen con base en la relación de fuerzas entre la oferta y la demanda (OMC, 2010).

Mercado internacional:

Es aquel que se presenta cuando el oferente comercializa sus bienes o servicios en el extranjero, en uno o varios países, por medio de procesos de exportación-importación y alianzas estratégicas o compañías subsidiarias en el exterior (Lerma & Márquez, 2010).

Mundialización:

Es la culminación del proceso histórico de expansión del capitalismo y el efecto de sus propias leyes económicas, cuyo soporte es la tecnología; teniendo como efecto la destrucción del medio ambiente y el agotamiento de los recursos no renovables. Su agente activo son las empresas multinacionales, caracterizándose la libre movilidad del capital y la fuerza de trabajo (Vidal Villa, 1996, p.83).

Política comercial:

Marco nacional de leyes, regulaciones, decisiones, prácticas y posturas de negociación que los Gobiernos adoptan para regular el intercambio de bienes y servicios con un país o un bloque de países determinado (OMC, 2010).

Zona de libre comercio:

Cuando dos o más territorios aduaneros eliminan los obstáculos arancelarios y no arancelarios a las exportaciones e importaciones comerciales de los productos originarios de los miembros (países) de la zona. Cada miembro mantiene su propia política arancelaria con respecto a territorios ajenos a la zona (OMC, 2021).

Siglas y abreviaturas

CDE: *Carbon dioxide; CO₂ emissions.*

ED: *Energy Demand.*

EUA: Estados Unidos de América.

FAO: *Food and Agriculture Organization of the United Nations.*

FMOLS: *Fully Modified Least Squares.*

IEA: *International Energy Agency.*

IRENA: *International Renewable Energy Agency.*

IT: *International Trade.*

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible.

OMC: Organización Mundial del Comercio.

ONG: Organizaciones no Gubernamentales sin fines de lucro.

ONU: Organización de las Naciones Unidas.

REC: *Renewable Energy.*

SEG: *Sustainable Economic Growth.*

T-MEC: Tratado entre México, Estados Unidos de América y Canadá.

UE: Unión Europea.

USMCA: *United States - Mexico - Canada Agreement.*

WSSD: *World Summit on Sustainable Development.*

Introducción

El crecimiento del comercio internacional es uno de los efectos de la globalización y la contaminación se traslada a través de los flujos de las transacciones internacionales porque va incorporada en importaciones y exportaciones (Cadarsó *et al.*, 2009). En este sentido, uno de los efectos de la liberación del comercio mundial ha sido el desarrollo económico, y con ello, cada una de las operaciones de entrada y salida de mercancías entre un país y otro genera índices de contaminación globales.

Es por ello que, como resultado de los índices de globalización que se han manifestado durante las últimas décadas, los países, a través de su industria, deben tomar acciones acerca del uso de los recursos energéticos renovables para el desarrollo del comercio, con el objetivo de acelerar el crecimiento económico sostenible en el mundo y contribuir en la mitigación de la contaminación ocasionada por la generación de la energía eléctrica convencional.

En 2019, la revista Ciencia y Desarrollo¹ a través de un artículo muestra los impactos de la contaminación por la producción de electricidad a partir de combustibles fósiles y sus efectos ambientales, sociales y económicos: *“Las emisiones de contaminantes que afectan la calidad del aire son producidas por diversas fuentes, tales como la generación eléctrica, el transporte en general y la industria, entre otras. (...)”*.

La generación eléctrica basada en fuentes convencionales de energía conlleva la liberación de contaminantes que afectan el medio ambiente y la salud en zonas aledañas a la central de generación; afectaciones que han ido en aumento, debido al incremento en la demanda de energía eléctrica, como resultado del crecimiento de la población y de la actividad económica”. Este estudio muestra que la generación de energía eléctrica basada en fuentes convencionales produce diferentes impactos en el medio ambiente,

¹ Conacyt (2019). *Efecto ambiental y socioeconómico de la producción de energía eléctrica*. Revista Ciencia y Desarrollo. No.301.

así como en la salud de la población, debido a la liberación de contaminantes que afectan rápidamente el entorno en el que se producen.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) en 2021, publicó un informe² en el que evalúa la calidad del aire al año 2019. En el documento destaca que tanto los países desarrollados como los que están en vías de desarrollo se enfrentan a importantes riesgos para la salud debido a la contaminación atmosférica: *“En el mundo, la mala calidad del aire podría causar más de 6.5 millones de muertes al año, y la pérdida de una vida saludable en niños y adultos a causa de una enfermedad generada por la exposición a la contaminación del aire y al cambio climático”* (OMS, 2019).

Además, el mismo informe detalla que el 92 por ciento del total de la población mundial vive en lugares en los que su nivel de contaminación que se concentra en la atmósfera excede los valores máximos permitidos por la OMS, mientras que el 99 por ciento de las personas respiran aire contaminado debido a que no se respetan las normativas medioambientales. Actualmente, casi la totalidad de las fuentes de contaminación están más allá del control de la población, lo cual requiere urgentemente de medidas regulatorias más rígidas para mejorar las condiciones de salud y del medio ambiente.

Por su parte, Löffler (2014) señala que el sector industrial puede ser una de las vías más importantes para la regulación y el control de las emisiones de CO₂, mediante la adopción de tecnologías de energías renovables. En su estudio concluye que los principales contribuyentes de emisiones de gases de efecto invernadero que propician el cambio climático, se producen al quemar carbón, petróleo y gas.

Mientras que la ONU en 2021, a través de un comunicado indicó que para llevar a cabo el comercio dentro del marco de los Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS)

² Las nuevas Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire. Septiembre de 2021. (Copenhague y Ginebra).

planteados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), se necesita que todos los países se concienticen acerca de la aplicación de nuevos y mejores instrumentos sustentables, de manera que se pueda acelerar un despliegue colaborativo de tecnologías justas e incluyentes, que profundicen y coadyuven con urgencia la adopción de mecanismos para lograr una transición más rápida y generalizada de energías renovables en el mundo.

Para el caso de los países de América del Norte, la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA)³ en 2010 dio a conocer un informe que muestra que el sector industrial es uno de los principales generadores de contaminantes en esta región, (...) *“la extracción de petróleo y gas, la generación de energía eléctrica a base de combustibles fósiles, la industria química y la metálica son los sectores industriales más contaminantes en la región.”*

En este sentido, América del Norte ha establecido acuerdos y políticas relevantes para la generación de nuevas plataformas de energía. Algunos de estos acuerdos se encuentran principalmente en el Tratado comercial entre México, Estados Unidos de América y Canadá (T-MEC o *USMCA*, por sus siglas en inglés)⁴ el cual, se ha visto influenciado por mantener la integración trilateral a través del intercambio de bienes y servicios en la región, y como parte de su interés por conservar los estándares de competitividad en el mundo; han adoptado medidas regulatorias en beneficio del medio ambiente, en la búsqueda de nuevas y mejores prácticas económicas sostenibles.

En la literatura existen algunos análisis acerca de las políticas más relevantes y tendencias del mercado que aportan una estructura más sólida al desarrollo global de tecnologías para la generación de energía limpia y su interacción con el comercio

³ Fundada por Estados Unidos de América, Canadá y México bajo el “Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte” (ACAAN).

⁴ Tratado comercial vigente a partir del 01 de julio del 2020. Antes, “Tratado de Libre Comercio de América del Norte” (TLCAN o *NAFTA*, por sus siglas en inglés).

internacional. En su gran mayoría, los resultados coinciden en que el uso de este tipo de tecnologías es positivo para el comercio y el medio ambiente, de manera que se reducen los costos y se generan menores cargas de dióxido de carbono a la atmósfera, entre ellos se destacan: Khan, Yu, *et al.*, 2020; Dahlke *et al.*, 2020.

Hasta el momento, existen una gran cantidad de investigaciones que analizan la relación entre el consumo de energía y el comercio, por mencionar algunos: Häfele, 1977; Coviello, 1998; Tahvonen & Salo, 2001; Sadorsky, 2009; Sadorsky, 2011; Sadorsky, 2012; Livas-García, 2015; Vera & Kristjanpoller, 2017; Gómez, Ciarreta, & Zarraga, 2018; Khan *et al.*, 2019; Amri, 2019; Gómez & Rodríguez, 2019. Otros estudios examinan la relación entre el consumo de energía renovable, indicadores medioambientales y comercio, algunos de ellos han sido planteados principalmente para economías emergentes y desarrolladas, por mencionar algunos, se encuentran: Ben Aïssa *et al.*, 2014; Altomonte *et al.*, 2003; Lordemann & Villegas, 2009; Muhammad Shahbaz *et al.*, 2013; Ben Jebli & Ben Youssef, 2015; Urrieta, 2017; Khan *et al.*, 2019; Amri, 2019; Khan, Yu, *et al.*, 2020.

Sin embargo, la literatura no ha mostrado estudios que examinen los efectos entre las variables consumo de energía renovable, demanda de energía eléctrica, crecimiento económico sostenible, emisiones de CO₂ y comercio internacional planteado para los países de América del Norte. La importancia de conocer los efectos entre estas variables radica en contribuir a la literatura con información que pueda ayudar al diseño e implementación de políticas que sin afectar el desarrollo económico de la región, mejoren las condiciones para aumentar el consumo de energía renovable. De esta manera se reducirían las emisiones de CO₂ provenientes de combustibles fósiles y se aceleraría el crecimiento económico sostenible de América del Norte.

Por tanto, el objetivo de esta tesis es conocer los efectos de las variables consumo de energía renovable, demanda de energía eléctrica, crecimiento económico sostenible y emisiones de CO₂ en el comercio internacional de los países de América del Norte:

México, Estados Unidos de América y Canadá, para el periodo 1989-2019. Para lo cual, se aplican pruebas de raíz unitaria, de cointegración y de causalidad entre las variables, además, se emplea el método de Mínimos Cuadrados Completamente Modificados (*FMOLS*, por sus siglas en inglés), con el fin de examinar la relación a largo plazo entre las variables.

El fundamento para realizar esta investigación nace principalmente a partir del incremento comercial observado en las últimas décadas en la región de América del Norte, y su relación con las emisiones contaminantes causadas por el aumento en la demanda de energía eléctrica convencional por parte de las industrias.

La hipótesis general plantea que las variables consumo de energía renovable, demanda de energía eléctrica, crecimiento económico sostenible y emisiones de CO₂ afectaron al comercio internacional de los países de América del Norte: México, Estados Unidos de América y Canadá, durante el periodo de 1989 al 2019.

La presente tesis se compone de cinco capítulos, seguido de la introducción se encuentra el capítulo I, en el cual se abordan los fundamentos de la investigación que incluyen: el planteamiento y la descripción del problema, las preguntas; general y específicas, los objetivos; general y particulares, las hipótesis; general y específicas, así como la identificación de las variables y la justificación de la investigación.

En el capítulo II, se examinan una serie de datos relativos al entorno del tema de investigación. El objetivo de este apartado se centra principalmente en aportar algunos puntos estratégicos de análisis y discusión, determinantes para la interpretación de los resultados del modelo así como para formular de una manera más precisa las conclusiones y recomendaciones finales.

Posteriormente, en el capítulo III se encuentra el marco teórico y empírico. Dentro del marco teórico se exponen las principales teorías clásicas y neoclásicas del comercio, así

como algunos modelos de crecimiento económico y comercio internacional. En el marco empírico se dan a conocer algunos de los estudios más relevantes que muestra la literatura empírica acerca de la relación entre el comercio, el consumo de energía y algunas variables medioambientales.

En el capítulo IV, se presenta la metodología empleada para el desarrollo del modelo econométrico planteado en esta investigación.

El capítulo V muestra los resultados obtenidos y su interpretación con base en la teoría económica y la inferencia estadística.

Finalmente, se elaboran una serie de conclusiones y se llevan a cabo las pruebas de hipótesis. Además, en el último apartado de este documento se encuentran las recomendaciones finales para futuras investigaciones.

CAPÍTULO I. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

En este apartado se aborda el planteamiento y la descripción del problema a desarrollar. Posteriormente, se formulan los objetivos generales y específicos y se dan a conocer las hipótesis planteadas. Finalmente, se seleccionan las variables que se emplean en el modelo, y se exponen los elementos que aportan la justificación para llevar a cabo el desarrollo del problema de investigación que se plantea en esta tesis.

1.1. Problemática

La problemática de esta investigación surge debido a que no se conoce la relación entre las variables consumo de energía renovable, demanda de energía eléctrica, crecimiento económico sostenible, emisiones de CO₂ y comercio internacional para el caso de los países de América del Norte: México, Estados Unidos de América y Canadá, durante el periodo 1989-2019.

1.1.1 Planteamiento del problema

Los altos índices de emisiones de CO₂ derivados de la generación de energía eléctrica para el desarrollo del comercio; han dado como resultado el creciente interés por parte de las autoridades y de las industrias en hacer uso de los recursos naturales y tecnológicos para la generación de energía renovable en beneficio del medio ambiente. Es por ello que se desean conocer los efectos entre las variables consumo de energía renovable, demanda de energía eléctrica, crecimiento económico sostenible y emisiones de CO₂ en el comercio internacional de los países de América del Norte: México, Estados Unidos de América y Canadá, para el periodo 1989-2019.

La problemática de esta investigación se desarrolla a partir de dos afirmaciones, la primera es que, con base en investigaciones previamente planteadas para otros países, se ha demostrado que se puede implementar el consumo de energía renovable para el desarrollo del comercio internacional, debido a que refleja un daño significativamente menor al medio ambiente, y además, no compromete el desarrollo económico ya que

aumenta el volumen de importaciones y exportaciones, ver por ejemplo: Muhammad Shahbaz, Khan, *et al.*, 2013; Ben Aïssa *et al.*, 2014; Khan *et al.*, 2019; Amri, 2019; Khan, Yu, *et al.*, 2020; Khan, Zhang, *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2021.

La segunda, se plantea con base en algunas de las conclusiones de Amri (2017). En uno de sus estudios que sirvió para determinar las relaciones del crecimiento económico, el comercio y el consumo de energía renovable para algunos países desarrollados y en desarrollo, sus resultados muestran que cualquier aumento o disminución del consumo de energía afecta al comercio. Por otro lado, afirma que el consumo de energía y el comercio, son variables que están relacionadas, debido a que la producción consume energía, y el comercio internacional conduce a estándares de una demanda comercial tal, que el volumen productivo debe consumir más energía (Amri, 2019).

Por lo tanto, al emplear variables que explican el comercio, el consumo de energía y la contaminación ambiental, se espera que los resultados contribuyan a la literatura con evidencia empírica respecto a los efectos entre las variables consumo de energía renovable, demanda de energía eléctrica, crecimiento económico sostenible, las emisiones de CO₂ y comercio internacional, planteado para el caso de los países del *USMCA*: México, Estados Unidos de América y Canadá, para el periodo 1989-2019.

1.1.2 Descripción del problema

La Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) en 2010, dio a conocer un informe en el que señala que el sector industrial es uno de los principales generadores de contaminantes en América del Norte, *“la extracción de petróleo y gas, la generación de energía eléctrica a base de combustibles fósiles, la industria química y la metálica son los sectores industriales más contaminantes en la región”*, señaló. Lo anterior, sugiere que la región de América del Norte necesita de la implementación de políticas de mercado más factibles e incluyentes para el medio ambiente, pero al mismo tiempo, que no comprometan su desarrollo económico.

En ese sentido, esta tesis analiza los efectos entre las variables consumo de energía renovable, demanda de energía eléctrica, crecimiento económico sostenible, emisiones de CO₂ y comercio internacional de los países de América del Norte: México, Estados Unidos de América y Canadá, para el periodo 1989-2019. Para lo cual, se aplican pruebas de raíz unitaria, de cointegración y de causalidad entre las variables, además, se emplea el método de Mínimos Cuadrados Completamente Modificados (*FMOLS*, por sus siglas en inglés), con el fin de examinar la relación a largo plazo entre las variables.

1.1.3 Problemas de investigación

Hasta este momento la literatura no muestra estudios que evalúen los efectos entre las variables consumo de energía renovable, demanda de energía eléctrica, crecimiento económico sostenible, emisiones de CO₂ y comercio internacional para el caso de México, Estados Unidos de América de América y Canadá. Sin embargo, estudios recientes que se han llevado a cabo para algunos países del norte de Europa, revelaron que las energías renovables se asocian fuerte y positivamente con el comercio internacional en los países nórdicos, según Khan, Yu, *et al.*, (2020), el mismo estudio muestra evidencia de que el consumo de energía renovable y su relación con el comercio internacional mejoró positivamente los costos y la calidad ambiental.

No obstante, la importancia de conocer los efectos entre estas variables radica en contribuir a la literatura con información que pueda ayudar al diseño de políticas que promuevan el crecimiento económico sostenible de la región; a través del consumo de energía renovable para el desarrollo del comercio, y de manera que su utilización no afecte su desarrollo económico.

1.2. Preguntas de la investigación

1.2.1 General

¿De qué manera afectaron las variables consumo de energía renovable, la demanda de energía eléctrica, el crecimiento económico sostenible y las emisiones de CO₂ al comercio internacional de los países de América del Norte: México, Estados Unidos de América y Canadá, durante el periodo de 1989 al 2019?

1.2.2 Específicas

- a. ¿Cuál fue el efecto del consumo de energía renovable en el comercio internacional de los países de América del Norte: México, Estados Unidos de América y Canadá, durante el periodo de 1989 al 2019?
- b. ¿Qué impacto tuvo la demanda de energía eléctrica en el comercio internacional de los países de América del Norte: México, Estados Unidos de América y Canadá, durante el periodo de 1989 al 2019?
- c. ¿Cuál fue la relación del crecimiento económico sostenible y el comercio internacional de los países de América del Norte: México, Estados Unidos de América y Canadá, durante el periodo de 1989 al 2019?
- d. ¿Cuál fue el efecto de las emisiones de CO₂ en el comercio internacional de los países de América del Norte: México, Estados Unidos de América y Canadá, durante el periodo de 1989 al 2019?

1.3. Objetivos

1.3.1 General

Identificar de qué manera afectaron las variables consumo de energía renovable, demanda de energía eléctrica, crecimiento económico sostenible y emisiones de CO₂ al

comercio internacional de los países de América del Norte: México, Estados Unidos de América y Canadá, durante el periodo de 1989 al 2019.

1.3.2 Específicos

1. Determinar el efecto del consumo de energía renovable en el comercio internacional de los países de América del Norte: México, Estados Unidos de América y Canadá, durante el periodo de 1989 al 2019.
2. Identificar el impacto de la demanda de energía eléctrica en el comercio internacional de los países de América del Norte: México, Estados Unidos de América y Canadá, durante el periodo de 1989 al 2019.
3. Señalar la relación existente entre el crecimiento económico sostenible y el comercio internacional de los países de América del Norte: México, Estados Unidos de América y Canadá, durante el periodo de 1989 al 2019.
4. Estudiar el efecto de las emisiones de CO₂ en el comercio internacional de los países de América del Norte: México, Estados Unidos de América y Canadá, durante el periodo de 1989 al 2019.

1.4. Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

Las variables consumo de energía renovable, demanda de energía eléctrica, crecimiento económico sostenible y emisiones de CO₂ afectaron al comercio internacional de los países de América del Norte: México, Estados Unidos de América y Canadá, durante el periodo de 1989 al 2019.

1.4.2 Hipótesis particulares

H1: El consumo de energía renovable mostró un efecto positivo en el comercio internacional de los países de América del Norte: México, Estados Unidos de América y Canadá, durante el periodo de 1989 al 2019.

H2: La demanda de energía eléctrica mostró un impacto positivo en el comercio internacional de los países de América del Norte: México, Estados Unidos de América y Canadá, durante el periodo de 1989 al 2019.

H3: El crecimiento económico sostenible mostró una relación positiva con el comercio internacional de los países de América del Norte: México, Estados Unidos de América y Canadá, durante el periodo de 1989 al 2019.

H4: Las emisiones de CO₂ mostraron un efecto positivo en el comercio internacional de los países de América del Norte: México, Estados Unidos de América y Canadá, durante el periodo de 1989 al 2019.

1.5. Variables

1.5.1 Variable dependiente

- Comercio internacional (*IT*)

1.5.2 Variables explicativas

- Energía renovable (*REC*)
- Demanda de energía eléctrica (*ED*)
- Crecimiento económico sostenible (*SEG*)
- Emisiones de CO₂ (*CDE*)

1.6. Justificación

Durante las últimas décadas, algunos países han mostrado un creciente interés acerca de la generación y el consumo de energía renovable. Los resultados de algunos estudios acerca de la utilización de energías limpias para el desarrollo del comercio muestran que estas acciones han ayudado a algunos países a mitigar el impacto de la contaminación que origina el consumo de la energía eléctrica convencional. Particularmente, para América del Norte, no se han encontrado estudios que examinen los efectos entre las variables consumo de energía renovable, demanda de energía eléctrica, crecimiento económico sostenible, emisiones de CO₂ y comercio internacional. En este sentido, y bajo la gran necesidad de obtener evidencia empírica que ayude a las instancias normativas locales e internacionales en el diseño de políticas de energía que promuevan el crecimiento económico sostenible de la región; a través del consumo de energía renovable, surge el interés por conocer los efectos entre las variables empleadas en la presente investigación.

1.6.1 Relevancia social

Además de la posible pérdida de una vida sana para niños y adultos debido a las enfermedades provocadas por la exposición a la contaminación atmosférica y el cambio climático, la mala calidad del aire podría provocar más de 6,5 millones de muertes anuales en todo el mundo, expone un informe de la OMS en 2021, en el que se evalúa la calidad del aire al año 2019. Otro informe de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en 2020, reveló que con la explotación de los recursos naturales por parte del sistema económico mundial, los elementos ambientales para la sobrevivencia de la biosfera se muestran cada vez más vulnerables y susceptibles de sufrir un deterioro mayor en el corto plazo.

Mientras que Khan *et al.*, (2019) mencionan que el mayor consumo de energía en las industrias mejoró el crecimiento económico de los países desarrollados sobre el precio

de la contaminación ambiental e incrementó las enfermedades humanas que se relacionan con la respiración del aire contaminado.

Por tanto, se espera que estas y otras propuestas de investigación encaminen y aceleren la implementación de herramientas que mejoren las condiciones de consumo de energía renovable en la región, de manera que se generen menores daños al medio ambiente y a la salud de las personas.

1.6.2 Medio ambiente

Dentro de un esquema medioambiental que explica los beneficios que puede generar el uso de elementos renovables para el desarrollo del comercio, particularmente para la obtención de energía eléctrica, se han encontrado algunas teorías y fundamentos empíricos que aportan las bases para generar acciones que benefician el logro de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS). Para ello Khan, *et al.*, (2020) determinaron que la energía renovable incita al medio ambiente ecológico, el cual tiene un efecto adverso limitado o nulo en las cadenas agrícolas y de suministro de alimentos. Lo que explicaría que esta alternativa de consumo energético pueda aplicarse paulatinamente en otros sectores económicos del mercado.

Por su parte, Ben Aïssa *et al.*, (2014) en un estudio que realizaron para 11 países del continente Africano, revelaron que el comercio internacional puede afectar de muchas maneras al medio ambiente. Existen otros estudios que evalúan el uso de la normativa medioambiental para fomentar el comercio, como la implementación del consumo de energía renovable para reducir las emisiones contaminantes, ver por ejemplo: Altomonte *et al.*, 2003; Lordemann & Villegas, 2009; Gómez & Rodríguez, 2019.

Por lo anterior, se considera indispensable generar acciones que propicien una industria más consciente acerca de los beneficios del consumo de los recursos renovables, no solamente visto desde una reducción de costos de producción a largo plazo, si no hacia las grandes ventajas que genera al medio ambiente al generarse una carga menor de

dióxido de carbono a la atmósfera. En este sentido, Badii *et al.*, (2015) determinan que estas herramientas son mucho más limpias y con beneficios sorprendentemente más amplios y prometedores que los combustibles utilizados convencionalmente para producir energía.

1.6.3 Política energética y económica mundial

A nivel mundial, se crean iniciativas con expectativas ambientales y económicas para promover mejores condiciones de crecimiento a los países. Acelerar el despliegue de energías renovables requiere de políticas que contribuyan con elementos capaces de obtener un entorno más propicio para atraer inversiones al sector de la energía renovable. Por su parte, la *International Renewable Energy Agency (IEA)*, por sus siglas en inglés, en 2019, señaló que a medida que el despliegue ha crecido y la tecnología ha madurado, las políticas de energía renovable se integran cada vez más en la planificación general del sector energético.

Para llevar a cabo el comercio dentro del marco de los Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS) planteados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), implica que todos los países se concienticen acerca de la aplicación de nuevos y mejores instrumentos de energía renovable, de manera que se pueda acelerar un despliegue colaborativo de tecnologías justas e incluyentes para el crecimiento económico sostenible en el mundo ONU (2021).

Según la *IEA* en 2020, señaló que las ventajas para la economía mundial al establecer estrategias ecológicas han sido bien conocidas durante mucho tiempo. Sin embargo, sus numerosos beneficios financieros acaban de hacerse evidentes a medida que la organización de las innovaciones en materia de energía sostenible se ha ido extendiendo. Particularmente, los países de la región de América del Norte: México, Estados Unidos de América y Canadá, han fortalecido acuerdos y políticas encaminadas al desarrollo sostenible, con el fin de potencializar al máximo sus estrategias comerciales establecidas

dentro del T-MEC, tratado comercial que ha servido de base para el mejoramiento de las condiciones económicas y medioambientales de la región.

En cuanto a las sugerencias de estrategia energética para disminuir la utilización de energía eléctrica convencional se considera esencial avanzar en la creación y utilización de energía más limpias, disminuir la fuerza energética, aumentar la atención pública con los impactos de la corrupción ecológica y aplicar regulaciones naturales más estrictas, argumentan Gómez *et al.*, (2018).

1.6.4 Horizonte temporal y espacial

La presente tesis emplea datos históricos de las variables explicativas y la dependiente, por el periodo de 1989 al 2019, para el caso de los países de América del Norte: México, Estados Unidos de América y Canadá.

1.6.5 Viabilidad de la investigación

Se considera posible llevar a cabo la ejecución, el desarrollo y la obtención de los resultados de la presente investigación; ya que se tienen los recursos estadísticos, humanos y materiales necesarios.

1.7. Tipo de investigación

El enfoque de esta investigación es cuantitativo, puesto que se trabaja con información estadística y se procesan los datos por el periodo de la muestra.

El desarrollo de esta tesis se lleva a cabo mediante el estudio de un modelo econométrico de datos panel. Se sugiere emplear una base de datos mixta de serie temporal y de corte transversal, conformada por 31 periodos de análisis (años) de 1989 al 2019, y 3 secciones cruzadas (países) respecto de México, Estados Unidos de América y Canadá, con un total de 93 observaciones dentro del panel de datos.

Los resultados obtenidos son de carácter explicativo, debido a que se buscan los efectos y las relaciones entre las variables a analizar.

CAPÍTULO II. MARCO CONTEXTUAL

En este apartado se examinan una serie de datos relativos al entorno del tema de investigación. El objetivo de este capítulo se centra principalmente en mostrar algunos puntos estratégicos de análisis y discusión determinantes para la interpretación de los resultados así como para formular de una manera más precisa las conclusiones y recomendaciones finales.

2.1. América del Norte y su integración geopolítica y económica

Desde los primeros indicios de intercambio comercial entre las naciones, y con el fin de estudiar los instrumentos de carácter político y económico que surgen del comercio exterior de cada país, es importante medir su participación activa con el resto del mundo (Vega, 1991). Para llevar a cabo el análisis de algunas vertientes económicas, pudiera parecer necesario agrupar sistemáticamente a las naciones para determinar su interacción y crecimiento económico obtenido en un periodo determinado; en su mayoría, mediante la implementación de instrumentos de facilitación y apertura comercial entre ellas y con el resto del mundo.

La ONU describe que el propósito de separar territorialmente a las naciones, surge desde una perspectiva de geografía regional que incluye diversos factores comunes o con características asociativas similares; por ejemplo, la combinación de distintos elementos naturales como el relieve, la vegetación, el clima, o algunos otros ámbitos de relaciones humanas con características interdependientes como su integración política y económica entre un país y otro.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (ONUAA, *FAO* por sus siglas en inglés) a través de un informe presentado en 2018 sugiere que la región de América del Norte, formada territorialmente por tres países (ver Figura 1) abarca poco más del 16.5 por ciento del total de la superficie terrestre del planeta, con un área aproximadamente de 24 323 000 km².

Figura 1. Mapa territorial de América del Norte.



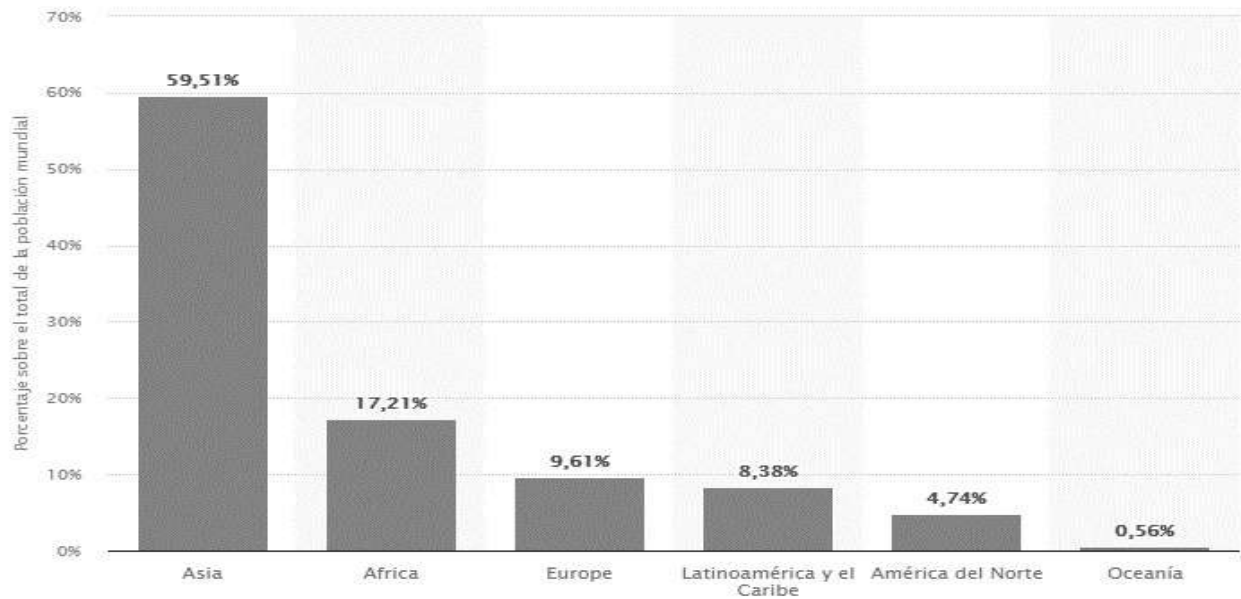
Fuente: *FAO*, 2021.

Además, su población estimada al cierre del 2019 fue de poco más de 500 millones de habitantes, cifra que representaba el 4.74 por ciento de la población mundial (ver Gráfica 1).

En segundo lugar se observa a la Unión Europea, seguido de Asia Central con casi 35.000 y 24.700 dólares estadounidenses del PIB per cápita determinado al cierre del año 2019, respectivamente.

Según datos de la *FAO* en 2018, América del Norte es una de las regiones comercialmente más activas, con importantes flujos de entrada y salida de capital, mano de obra y tecnología. Este informe señala que la amplia gama de recursos naturales y humanos de la región, así como su alto nivel de innovación fortalecen su competitividad a escala mundial.

Gráfica 1. Porcentaje de la población mundial por regiones geográficas, 2019.

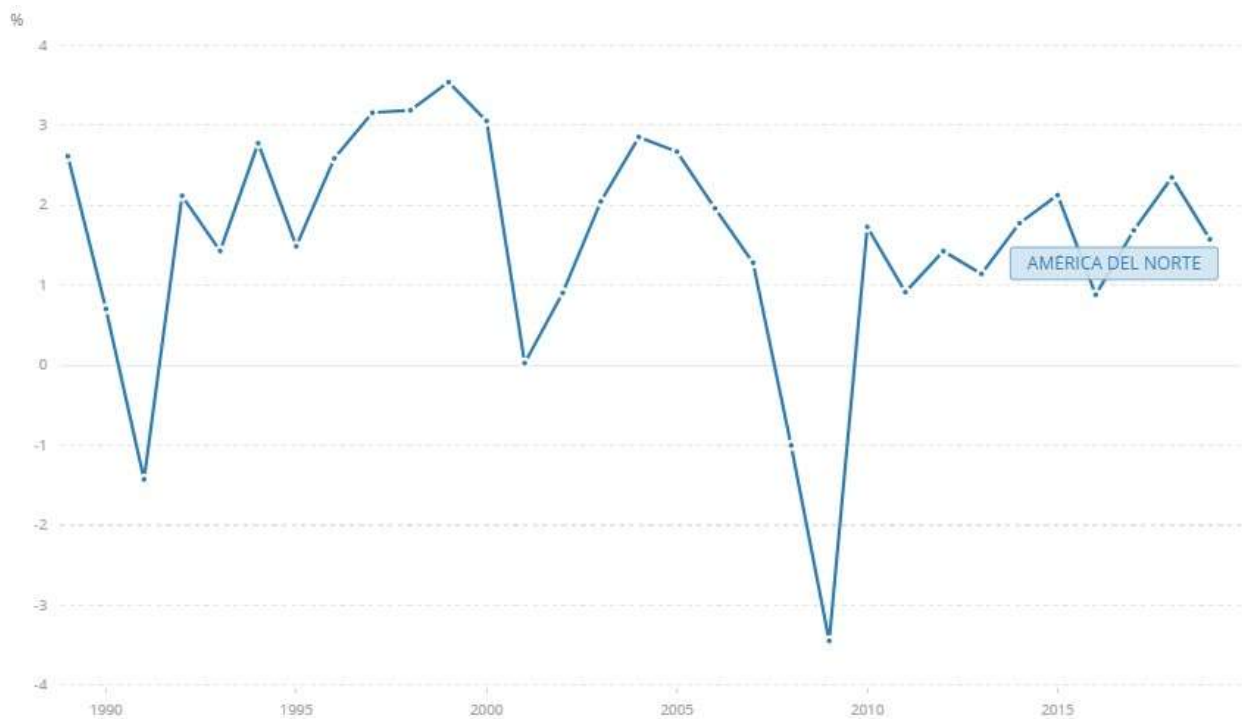


Fuente: ONU, 2021.

Algunos de los indicadores económicos que situaban a la región norteamericana entre los mejores del mundo están cambiando, debido a la creciente competencia de los productores de bajo coste, especialmente los de la región asiática, así como por la propensión a subcontratar y trasladar la producción al extranjero para seguir siendo competitivos.

La gráfica 2 contiene información sobre la tasa de crecimiento porcentual anual del producto interno bruto (PIB) per cápita de la región de América del Norte entre 1989 y el año 2019. En términos generales, la gráfica muestra el comportamiento del crecimiento en términos reales del PIB per cápita en un periodo de 31 años (1989-2019), en el que se han experimentado importantes aumentos y decrementos, prevaleciendo estos últimos durante los años 2018 y 2019.

Gráfica 2. Crecimiento del PIB per cápita (% anual) – América del Norte.



Fuente: Banco Mundial, 2021.

El periodo decreciente más notable se observa durante el 2006 al 2009, hasta llegar a cerca del -3.5 por ciento. Del año 2009 al 2010, el crecimiento del PIB per cápita de la región muestra el aumento más significativo, pasando del -3.5 por ciento a poco más del 1.5 por ciento, lo que significa un crecimiento porcentual del 5 por ciento durante los 31 años del análisis.

Si bien, la importancia de la contribución de la región dentro del PIB nominal, hace un énfasis en el desarrollo integral de la economía mundial, en gran medida como parte del resultado de las políticas y acuerdos de integración regional, geopolítica y económica, que surge desde su declaración de apertura comercial.

La mezcla local alude al ciclo por el que las naciones abren sus fronteras sociales, políticas, culturales y financieras para construir organismos o elementos que respondan a sus necesidades en función de sus cualidades e intereses, indica Pastor (2001). Por tanto, la consolidación de la región y su reconocimiento integral como una economía abierta, más allá de sus diferencias, similitudes o particularidades políticas geográficas y económicas que existen entre Canadá, EE.U.U., y México; han sido resultados de un modelo de apertura comercial que nace precisamente con su declaración de integración comercial.

Partiendo del punto de vista económico, América del Norte en su integración geopolítica, como se percibe actualmente, desde la entrada en vigor del Acuerdo de Libre Comercio (ALC) y su reforma realizada en 1994 que incluía a México como miembro estratégico y socio comercial del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), refieren Anderson *et al.*, (1993) que surge un fenómeno con un nuevo alcance regulador trilateral en la medida en que cada uno de los países fueron expandiendo su producción y distribución a escala regional, en la búsqueda de una unión económica más cercana.

La región, encausada y liderada geopolítica y económicamente por Estados Unidos de América, responde al reto de la globalización mediante su agrupación a escala regional para competir con otras economías seccionadas estratégica y territorialmente similares, expone Clarkson (2004), en uno de sus artículos académicos donde debate acerca del régimen regulador de América del Norte. En este hecho, explica Stewart (2000) que como consecuencia de los altos índices de globalización que se viven actualmente, es evidente que se desarrolle una jerarquía en el proceso de negociación, basada en el poder de mercado; como resultado del número de operaciones, inversiones y concesiones que adopten los grandes líderes.

En contexto, la economía política de este fenómeno, se entiende como un régimen regional de acumulación de capital —entendido éste como un proceso de producción,

organización del mercado, sistemas de distribución y divisiones del trabajo—⁵ gestionado por una modalidad regional de las políticas públicas (Clarkson, 2004). En conclusión, los elementos de política de comercio exterior entre Estados Unidos de América, Canadá y México, deben ser regulados y equilibrados continuamente, en un esfuerzo por encontrar nuevas y mejores perspectivas para sus aliados y entre sus miembros.

2.1.1 Tratados de libre comercio de América del Norte

Para que el comercio exterior de un determinado país o región se mida conforme a la naturaleza de sus funciones, deberá responder a sus propios intereses políticos, particularmente vistos desde adentro, para garantizar el interés nacional, y de esta manera lograr modular su inserción con los principios del comercio internacional (Astudillo, 1988). Este proceso combina varias iniciativas para acabar con la discriminación en el comercio y la inversión internacional por parte de otras economías.

Esta serie de procedimientos que durante varios años, y tras un intenso proceso de apertura comercial entre México, Estados Unidos de América y Canadá, han sido parte del resultado estratégico que surge de la firma de sus acuerdos de intercambio de bienes, con el fin de eliminar algunas barreras arancelarias, facilitar el comercio entre sus fronteras, y suprimir otras prácticas discriminatorias de ciertos sectores productivos.

Para ello, a finales del año de 1988, entró en vigor el primer Acuerdo de Libre Comercio entre Canadá y Estados Unidos de América (ALC o *CUSFTA* por sus siglas en inglés), tras poco menos de cuatro años de la declaración del Presidente de los Estados Unidos de América Ronald Reagan y el Primer Ministro de Canadá Brian Mulroney, donde dieron a conocer su deseo de establecer una zona de libre comercio, suceso que surgió a principios del año de 1985.

⁵ Michel Aglietta (1979). *Theory of Capitalist Regulation*. Londres.

El *CUSFTA*, según la idea de Hart (1990) tenía como principales objetivos: planificar, invertir, crecer y competir con más efectividad; entre ambas naciones y como región de Norteamérica dentro del mercado global. Este acuerdo se mantuvo vigente durante poco más de cinco años, antes de la incorporación de México dentro de las negociaciones.

Por su parte, Stewart (2000) describe que el *CUSFTA* estableció las bases sobre las que nace el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN o *NAFTA*, por sus siglas en inglés) mismo que entró en vigor el primero de enero de 1994, cuando a mediados de 1990 los dos gobiernos signatarios aceptaron la solicitud de Carlos Salinas de Gortari, Presidente de México en aquel momento, tal diligencia proponía incluir a México dentro del tratado comercial, e implícitamente formar parte de la región.

Antes de la firma del TLCAN, las relaciones políticas y comerciales entre México y Canadá eran mínimas, lo que formulaba otro reto para ambos países; en consecuencia, este hecho marcaba una estrategia para la economía de EE.UU., situado en medio de las fronteras de la región geográfica. Sin embargo, Canadá entró en las conversaciones del tratado para mantener sus ventajas porque deseaba un acceso sin restricciones a los mercados mexicanos de productos básicos y de capital, "*en un pie de igualdad con los Estados Unidos*", como lo describe Wonnacott (1994).

Señala Stewart (2000) que de acuerdo con el plan de liberalización del comercio, el entonces TLCAN, incluía algunas políticas respecto a la eliminación de ciertas barreras que impedían llevar a cabo el intercambio de bienes con mayor facilidad y a un menor costo. Además, con el fin de mejorar las necesidades básicas de consumo, se adoptaron nuevas y mejores medidas de integración comercial y de inversiones de la región, distintas a las ya existentes en el primer acuerdo bilateral celebrado únicamente entre EE.UU., y Canadá (ALC), a finales de 1988.

En muchos aspectos, parecen ser amplios y bastante claros los objetivos propuestos para algunos sectores que no se tenían hasta ese momento en los mecanismos de integración

entre otros países; sin embargo, otros fueron excluidos (Cameron, 2000). Por su parte Puyana (2003) sintetiza que el principal objetivo del TLCAN era el establecimiento de una región de libre comercio con amplias normas de acceso al mercado regional, planes tangibles e inequívocos para disimular las regulaciones impuestas, y con el firme objetivo de lograr una distribución uniforme de los beneficios entre sus miembros.

Otros autores que han debatido acerca de los componentes del Tratado, señalan que una de las incompetencias del TLCAN radicaba en que en el texto final no se establecieron compromisos sobre el equilibrio de las leyes nacionales y de comercio, por mencionar algunos: Gruben & Welch, 1994; Bardomiano, 2014. Esto pone a las organizaciones de Canadá y de México en una situación difícil en contraste con su socio estadounidense, a la luz del hecho de que las organizaciones de los Estados Unidos de América pueden controlar las desconcertantes directrices del marco administrativo para su potencial beneficio, describe Morales (1997).

En torno a todas las críticas y análisis por parte de diversos sectores, a finales del año 2018 se determinó importante llevar a cabo una reestructuración del *NAFTA*, con el fin de equilibrar las políticas e incluir criterios más sustanciales al Tratado, de manera que les permitiera ampliar sus estrategias políticas, e incentivar la formalización de las relaciones que se venían dando como parte del éxito de su apertura comercial.

Como resultado de las modificaciones, a mediados del año 2020, se firma el Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC o *USMCA*, por sus siglas en inglés), mismo que permite seguir conservando a Canadá y a México el acceso preferencial al mercado de una de las economías más grandes del mundo, garantizar la inversión entre la región, así como preservar con mayor interés al medio ambiente a través de incentivos para la producción y aplicación de energía renovable, en la búsqueda del logro de los ODS mundiales.

Evidentemente, la relación descriptiva de “América del Norte” más allá del modelo regional convergente que se plantea dentro de sus acuerdos comerciales, esconde una realidad divergente que se ha desplazado históricamente a través de las diferencias intergubernamentales, que en ocasiones, suelen desarmonizar el logro de los objetivos de cooperación establecidos, según la idea general que plantean Gruben & Welch (1994).

En este hecho, las facilidades de la integración comercial y la eliminación de ciertos aranceles, incrementó las operaciones del comercio exterior de la región, particularmente de México hacia Estados Unidos de América, el aumento fue muy significativo respecto de los índices de intercambio comercial que se tenían antes del TLCAN, señala Bardomiano (2014).

Desde la perspectiva del estudio económico que ha tenido en cuenta toda esta serie de modificaciones, y dentro de la plataforma democrática de las negociaciones que se han originado a la región, Puyana (2003) argumenta que gran parte de las estrategias económicas que se destacan en la historia de los tratados comerciales, han ayudado a mitigar el riesgo de mantener una balanza de pagos deficitaria, o al menos más equilibrada para el caso de México.

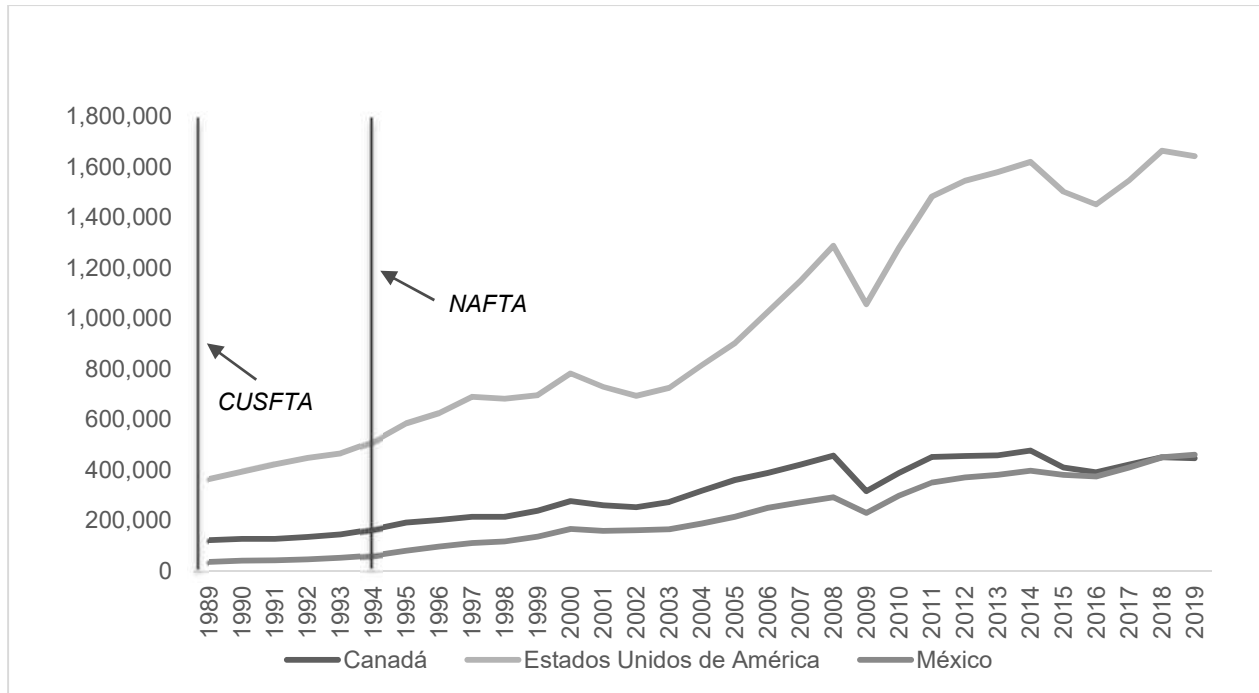
Finalmente, con el fin de destacar algunas de las principales tendencias de crecimiento de las exportaciones e importaciones por país, es importante observar el alcance económico desde el inicio de la apertura comercial a través de su trayectoria, por orden de integración de los Tratados, durante el periodo de 1989 al 2019. Este análisis se aborda en la sección posterior, dentro de las gráficas 3 y 4, respectivamente.

2.1.2 Intercambio comercial de América del Norte

Con la firma del *NAFTA* en 1994, puede observarse un efecto creciente en los datos de EE.UU., Canadá y México respecto de las operaciones de intercambio de mercancías entre la región misma y con los demás países. En la gráfica 3, se muestran los

indicadores de las exportaciones totales de Estados Unidos de América, Canadá y México, respectivamente, por el periodo de 1989 al 2019.

Gráfica 3. Exportaciones de mercancías, total- anual (Millones de dólares EE.UU.).



Fuente: Elaboración propia con base en OMC, 2021.

De forma general, se observan variaciones uniformes para las tres economías; sin embargo, el crecimiento del envío de las mercancías al extranjero por parte de EE.UU., se muestra muy superior respecto a las cifras de Canadá y de México. El impacto creciente que ha mantenido EE.UU., durante las últimas tres décadas, ha sido muy favorable para su economía nacional así como para mantener sus estándares de competitividad a nivel mundial. El pico más alto lo obtuvo en el año 2018, en el que superó la cifra de 1 663 980 millones de dólares en mercancías enviadas al extranjero.

Si se observa todo el periodo de la muestra, se destaca que para Estados Unidos de América, sus operaciones de exportación se han mantenido a la alza desde la entrada en vigor del *CUSFTA* a finales de 1988, particularmente se nota el efecto creciente en el año de 1993, antes de la ratificación del *NAFTA*. Sin embargo, no se muestra la misma

tendencia en lo que respecta a Canadá, ya que según los datos, no se observa un impacto muy significativo durante ese periodo.

En este sentido, Canadá respecto a sus exportaciones con el resto del mundo muestra tendencias homogéneas en su escala de crecimiento con respecto a las operaciones de México, incluso puede notarse un comportamiento muy similar en los últimos cuatro años. Cabe subrayar que al cierre del año 2019, México exportó poco más de 14 mil millones de dólares estadounidenses por arriba de Canadá, con casi 460 710 y 446 600 millones de dólares, respectivamente.

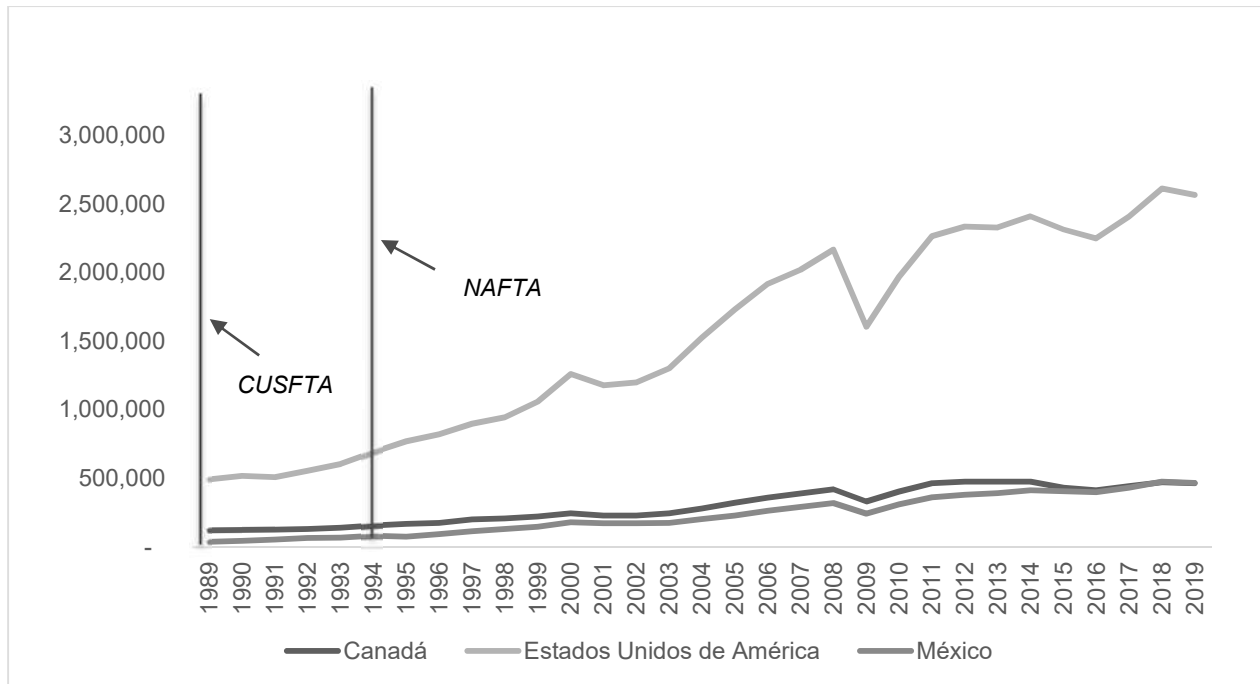
Por otro lado, México y Canadá muestran rectas de crecimiento parcialmente más pronunciadas a partir de la firma del TLCAN, particularmente en los años 2000, 2008, 2014 y 2018; sin embargo, también hay comportamientos decrecientes, en especial en 2009 y 2016. No obstante, en las tres economías se puede destacar que en casi todo el periodo de la muestra su tendencia es positiva y mayormente en crecimiento.

Bajo este esquema, Bardomiano (2014) explica que el comportamiento de las exportaciones mostró una ventaja para la economía mexicana, tomando en cuenta que antes de la firma del Tratado, la salida de mercancías tuvo una fase descendente y posteriormente mostraron un salto significativo. Los datos de los últimos años que se muestran en la gráfica 3, se observa que el envío de mercancías de México hacia Estados Unidos de América siguieron una tendencia mayormente ascendente, lo que explica su importancia para la economía mexicana, manteniéndose desde entonces EE.UU., como su principal socio comercial.

Antes de la apertura comercial, México estaba catalogado como una economía basada en la exportación que comerciaba principalmente con materias primas, petróleo y minerales, lo que no promovía un desarrollo manufacturero e industrial competitivo Gruben & Welch (1994).

Finalmente, la gráfica 3 muestra que en 2019 respecto de 2018, el comercio mostró una caída en las exportaciones totales de mercancías de los tres países en sus operaciones con el resto del mundo: en el caso de EE.UU., las operaciones disminuyeron 10.3 por ciento, Canadá por su parte exportó -6.1 por ciento y finalmente, México en términos porcentuales presentó una variación del -4.4.

Gráfica 4. Importaciones de mercancías, total- anual (Millones de dólares EE.UU.).



Fuente: Elaboración propia con base en OMC, 2021.

Como se puede observar en la gráfica 4, en el caso de las importaciones totales de mercancías que ingresaron a la región, provenientes de todo el mundo, de la misma forma se observa que EE.UU., mantuvo una tendencia ascendente, con excepción de una importante caída en 2009 como resultado de la crisis económica mundial, conocida como “gran recesión” que se presentó en el sector financiero a finales del tercer cuatrimestre del año 2008.

En lo que respecta a la dinámica de las importaciones que han mantenido México y Canadá con otros países y regiones, el esquema anterior muestra un comportamiento muy homogéneo en las operaciones comerciales para el ingreso de mercancías provenientes de todo el mundo. Por su parte, Canadá mantuvo particularmente una mayor demanda de importaciones en casi todo el periodo; sin embargo, en 2018 y 2019, México superó a aquel país en 1.013 por ciento y 1.008 por ciento, respectivamente.

Con el fin de emplear un análisis general para evaluar los resultados que han traído consigo los acuerdos de apertura comercial, se observa que las exportaciones de México a Estados Unidos de América crecieron de forma constante durante el periodo de vigencia del TLCAN, y para el caso de las importaciones, el incremento fue de casi un 300 por ciento.

En este sentido, en el presente apartado se revisa la importancia y el impacto que ha llevado a cabo la región respecto de sus importaciones y exportaciones con el resto del mundo. El examen se centra en dos clases fundamentales: en primer lugar, por todas las mercancías comercializadas, y en segundo lugar, por las agrupaciones de efectos secundarios o áreas útiles comparables al nivel del agregado mundial respectivo.

Para explicar el primer punto, y con el fin de centrar el análisis en el rubro de las exportaciones durante el periodo de 1989 al 2019; se muestran saldos finales en millones de dólares estadounidenses. Posteriormente, de forma particular se muestra el total de las operaciones comerciales de Canadá, EE.UU., y México, respectivamente. Además, se muestra en términos porcentuales la participación de cada país respecto de la demanda del mercado global.

En la Tabla 1 se muestra un panorama general de las exportaciones de mercancías por parte de Norteamérica y de forma particular se analizan las operaciones de cada uno de los países integrantes, durante el periodo de 1989 al 2019.

Tabla 1. Exportaciones totales de mercancías –anual- (Millones de dólares EE.UU).

Índices	Mundo		Región		Canadá		Estados Unidos		México	
	Exportación total de mercancías	Exportaciones totales	% respecto del total	Exportaciones totales	% respecto del total	Exportaciones totales	% respecto del total	Exportaciones totales	% respecto del total	
1989	3,098,920	520,815	16.81%	121,832	3.93%	363,812	11.74%	35,171	1.13%	
1990	3,489,739	561,932	16.10%	127,629	3.66%	393,592	11.28%	40,711	1.17%	
1991	3,511,359	591,581	16.85%	127,163	3.62%	421,730	12.01%	42,688	1.22%	
1992	3,779,172	628,794	16.64%	134,435	3.56%	448,163	11.86%	46,196	1.22%	
1993	3,794,694	661,837	17.44%	145,178	3.83%	464,773	12.25%	51,886	1.37%	
1994	4,328,264	738,885	17.07%	165,376	3.82%	512,627	11.84%	60,882	1.41%	
1995	5,167,620	856,482	16.57%	192,197	3.72%	584,743	11.32%	79,542	1.54%	
1996	5,406,052	922,706	17.07%	201,633	3.73%	625,073	11.56%	96,000	1.78%	
1997	5,592,319	1,014,035	18.13%	214,422	3.83%	689,182	12.32%	110,431	1.97%	
1998	5,503,135	1,013,925	18.42%	214,327	3.89%	682,138	12.40%	117,460	2.13%	
1999	5,719,381	1,070,634	18.72%	238,446	4.17%	695,797	12.17%	136,391	2.38%	
2000	6,454,020	1,224,920	18.98%	276,635	4.29%	781,918	12.12%	166,367	2.58%	
2001	6,196,440	1,147,505	18.52%	259,858	4.19%	729,100	11.77%	158,547	2.56%	
2002	6,500,713	1,106,179	17.02%	252,394	3.88%	693,103	10.66%	160,682	2.47%	
2003	7,590,832	1,162,906	15.32%	272,739	3.59%	724,771	9.55%	165,396	2.18%	
2004	9,222,553	1,319,617	14.31%	316,762	3.43%	814,875	8.84%	187,980	2.04%	
2005	10,510,292	1,475,764	14.04%	360,475	3.43%	901,082	8.57%	214,207	2.04%	
2006	12,131,449	1,664,106	13.72%	388,178	3.20%	1,025,967	8.46%	249,961	2.06%	
2007	14,032,003	1,840,713	13.12%	420,693	3.00%	1,148,199	8.18%	271,821	1.94%	
2008	16,170,529	2,035,178	12.59%	456,471	2.82%	1,287,442	7.96%	291,265	1.80%	
2009	12,565,091	1,601,849	12.75%	316,094	2.52%	1,056,043	8.40%	229,712	1.83%	
2010	15,303,993	1,964,281	12.84%	387,481	2.53%	1,278,495	8.35%	298,305	1.95%	
2011	18,343,601	2,283,412	12.45%	451,335	2.46%	1,482,508	8.08%	349,569	1.91%	
2012	18,514,486	2,372,065	12.81%	455,592	2.46%	1,545,703	8.35%	370,770	2.00%	
2013	18,969,946	2,417,926	12.75%	458,318	2.42%	1,579,593	8.33%	380,015	2.00%	
2014	19,011,072	2,493,744	13.12%	476,300	2.51%	1,620,532	8.52%	396,912	2.09%	
2015	16,558,147	2,293,184	13.85%	410,062	2.48%	1,502,572	9.07%	380,550	2.30%	
2016	16,045,249	2,214,950	13.80%	389,991	2.43%	1,451,011	9.04%	373,948	2.33%	
2017	17,742,931	2,376,371	13.39%	420,665	2.37%	1,546,273	8.71%	409,433	2.31%	
2018	19,550,439	2,565,438	13.12%	450,743	2.31%	1,663,982	8.51%	450,713	2.31%	
2019	19,014,680	2,550,450	13.41%	446,585	2.35%	1,643,161	8.64%	460,704	2.42%	
Promedio			15.22%		3.24%		10.03%		1.95%	

Fuente: Elaboración propia con base en OMC, 2021.

En conjunto, la región presenta una participación muy activa dentro del comercio internacional durante el periodo del análisis, en promedio representaron el 15.22 por ciento del total de las exportaciones de mercancías que se comercializaron a nivel mundial. Cabe resaltar que EE.UU., representa el 10.03 por ciento del promedio total de la región. En el año 2000, las exportaciones de mercancías reflejaron el nivel más alto, en el que de la totalidad de mercancías que se exportaron en todo el mundo, la región

abasteció casi el 19 por ciento, mientras que sus índices más bajos de participación se muestran en 2008 y 2011, con un 12.59 y 12.45 por ciento, respectivamente.

Por su parte, Canadá envió mercancías al extranjero por más de 276 mil mdd en el año 2000, lo cual representó el 4.29 por ciento del total, siendo este su pico más alto de participación. Mientras que Estados Unidos de América exportó un 12.40 por ciento en 1998 y 7.96 por ciento en 2008, siendo este el periodo en el que envió menos mercancías al extranjero.

Resulta sugerente observar que en el año de 1989, México mostró su cifra más baja en cuanto a las exportaciones de mercancías, mientras que durante el periodo posterior sus operaciones fueron en aumento, la cifra más alta se observa en el año 2000. Canadá por su parte, mantuvo una tendencia muy similar respecto al comportamiento de las exportaciones de México. Para ambos países a partir del TLCAN las mercancías enviadas al extranjero comienzan a verse favorablemente en aumento.

Por otro lado, la segunda parte de este análisis permite observar la trayectoria de la participación de la región respecto a sus operaciones comerciales con el resto del mundo. En la Tabla 2, se muestran las exportaciones anuales por grupos de productos en términos porcentuales respecto del total mundial respectivo.

En este sentido, se observa que la región abasteció a la industria agrícola con un 21.03 por ciento del consumo mundial en 1993. Por su parte, los combustibles y el petróleo de la región abastecieron el 12.58 por ciento en 2019, siendo este su porcentaje de participación más alto durante el periodo, y el más bajo se observa en el año 2010 en el que únicamente la región abasteció a este sector en un 9.45 por ciento.

Tabla 2. Exportaciones de mercancías, por grupos de productos –anual (% del total mundial respectivo).

Índices Producto/ sector Año	Región de América del Norte				
	Productos agrícolas	Combustibles y productos de las industrias extractivas	Manufacturas	Maquinaria y equipo de transporte totales	Textiles
1989	20.54%	12.33%	16.19%	-	5.18%
1990	20.55%	12.33%	16.27%	20.27%	6.17%
1991	20.12%	12.04%	17.09%	21.14%	6.60%
1992	20.24%	12.33%	16.95%	21.01%	6.49%
1993	21.03%	11.95%	18.10%	22.32%	6.94%
1994	19.98%	11.82%	17.71%	21.77%	6.61%
1995	20.35%	11.46%	16.94%	20.44%	6.59%
1996	20.14%	12.06%	17.75%	21.30%	7.34%
1997	20.04%	11.61%	19.28%	22.98%	8.31%
1998	19.22%	11.69%	19.36%	22.97%	8.78%
1999	19.48%	12.02%	19.96%	23.50%	9.46%
2000	20.97%	10.99%	20.49%	23.62%	10.06%
2001	20.41%	10.97%	19.91%	22.97%	9.94%
2002	18.92%	11.54%	18.20%	21.04%	9.75%
2003	17.60%	10.61%	16.15%	18.48%	8.81%
2004	16.80%	10.82%	14.44%	15.88%	8.47%
2005	16.12%	10.16%	14.32%	15.78%	8.37%
2006	16.06%	9.90%	14.92%	17.18%	7.86%
2007	15.71%	9.55%	13.94%	16.15%	7.05%
2008	15.74%	9.64%	13.36%	15.36%	6.55%
2009	15.29%	9.71%	12.57%	13.63%	6.21%
2010	15.76%	9.45%	12.82%	14.07%	6.33%
2011	15.22%	9.76%	12.33%	13.83%	6.10%
2012	15.58%	9.93%	12.95%	14.74%	6.27%
2013	15.39%	9.67%	12.75%	14.44%	6.04%
2014	15.85%	10.06%	12.77%	14.64%	5.95%
2015	16.33%	10.91%	13.59%	15.49%	6.29%
2016	16.26%	11.67%	13.39%	15.18%	6.18%
2017	15.59%	11.93%	12.86%	14.56%	6.08%
2018	15.32%	12.38%	12.49%	14.10%	5.86%
2019	15.11%	12.58%	12.65%	14.46%	5.86%

Fuente: Elaboración propia con base en OMC, 2021.

Además, para el caso de las manufacturas, la maquinaria y equipo de transportes, así como los textiles, durante el año 2000, del total demandado por el mercado global la región exportó un 20.49, 23.62, y 10.06 por ciento, respectivamente.

2.2. Cooperación e integración energética en América del Norte

La región norteamericana es abundante en recursos naturales (sobre todo energéticos, debido a su situación geográfica), capital y mano de obra como lo explica la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA). En la mayor parte de su territorio coexisten una economía agrícola muy productiva, un sólido sector manufacturero y sectores de servicios del primer mundo.

Según algunos expertos, podría crearse una región de importante desarrollo económico combinando el capital y la tecnología estadounidenses, los recursos naturales canadienses, la mano de obra mexicana y los recursos naturales de México Vega (1991). México, EE.UU., y Canadá coinciden dentro del marco de algunos de los acuerdos de política mundial para la preservación del medio ambiente, en los que el principal objetivo ha sido el compromiso por disminuir sus niveles de dióxido de carbono contaminantes, derivados del uso de los combustibles fósiles.

Mediante esta dinámica de integración económica de la región, el panorama general promueve un mejoramiento en la aplicación de políticas mundiales de desarrollo sostenible, que sumados a los acuerdos de la región, el entorno natural que posee esta área geográfica podría verse muy beneficiada si se cumplen los acuerdos para el desarrollo sostenible.

En este hecho, los tres países subrayan su costumbre y posición de colaboración natural y expresan su anhelo de ayudar y llevar adelante acuerdos ecológicos globales, así como los enfoques y regulaciones existentes enmarcados dentro de sus acuerdos económicos. En conjunto los tres países forman parte activa de algunos de los compromisos mundiales, principalmente dentro del marco regulatorio de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de 1992, la Agenda 2030 y la Declaración de Estocolmo sobre el Medio Humano de 1972, así como el Acuerdo de París (con su reingreso oficial de EE.UU., en febrero del 2021), entre otros.

Además, de acuerdo con el Memorando de Entendimiento entre Canadá, Estados Unidos de América y México acerca de la cooperación en materia de cambio climático y energía, así como con la Declaración de los Líderes de América del Norte sobre la Asociación para el Clima, la Energía Limpia y el Medio Ambiente, las conexiones entre la innovación en la generación de energía limpia y la eficiencia energética se examinan a través de las sesiones de la Comisión regional de Cooperación Ambiental, según revelan algunos datos de la ONU para 2021.

En general, este análisis demuestra que en los últimos años se han implementado una serie de mecanismos en la región de América del Norte, mismos que trabajan para vincular y comprender más estrechamente sus políticas públicas. De acuerdo con algunos de los objetivos establecidos en los dos tratados más recientes, esto ha añadido nuevos temas a la agenda de negociación trilateral, como el medio ambiente y sus consecuentes vínculos con el consumo de electricidad, la implementación de tecnologías de generación de energía limpia y su impacto en el comercio.

Señala MacCleery (2008) que ciertas instituciones científicas y tecnológicas, así como los intereses públicos y confidenciales críticos en el trabajo innovador que se han mantenido, en su mayoría por las aportaciones de Estados Unidos de América y Canadá, han mejorado la competitividad en el ámbito del desarrollo tecnológico y científico para la generación de energía renovable, herramientas que no se venían explotando en años atrás. No obstante, México ha sido un aliado activo dentro de este marco regulatorio para la adopción de nuevas tecnologías, aunque se dice que en menor medida.

Por su parte, Tabrizian (2019) detalló que si las empresas no adoptan medidas para subsanar el daño ecológico provocado a la capa de ozono mediante el uso de energías no renovables, los organismos gubernamentales no podrán lograr su objetivo de sostenibilidad ambiental a largo plazo. Finalmente, Arthur & Yamoah (2019) muestran que los beneficios no solamente se ven positivamente incrementados para preservar el medio ambiente e incentivar la economía, sino también para la salud humana.

2.2.1 Políticas del USMCA para la preservación del medio ambiente

Con la entrada en vigor del T-MEC o USMCA en 2020, se han propuesto una serie de cambios en beneficio de la generación y el consumo de energías más limpias para el desarrollo del comercio, algunas de estas políticas beneficiarían al medio ambiente ecológico futuro.

En el capítulo 24 del T-MEC, se encuentran algunos de los lineamientos que en materia del medio ambiente deben de cumplir sus Estados miembros. Este capítulo demuestra parte de sus principales responsabilidades acerca de la preservación del medio ambiente que beneficia la vida y la salud humanas.

Las regulaciones de control de la contaminación ambiental incluyen: a. prevenir, reducir o controlar una fuga, descarga o emisión de contaminantes; b. regular los productos químicos, las sustancias, los materiales o los residuos peligrosos para el medio ambiente; c. proteger o conservar la flora y la fauna, incluidas las especies en peligro de extinción, sus hábitats y las áreas naturales designadas.

Aumentar la cooperación económica intrarregional es algo en lo que México, Estados Unidos de América y Canadá están actualmente interesados, como una solución a largo plazo para los diversos problemas políticos, económicos, comerciales y migratorios que las tres naciones enfrentan actualmente. Pero más específicamente, como se dijo en los puntos anteriores, han unido fuerzas como región comprometida con el desarrollo de la tecnología y la ciencia para la producción y uso de energías renovables.

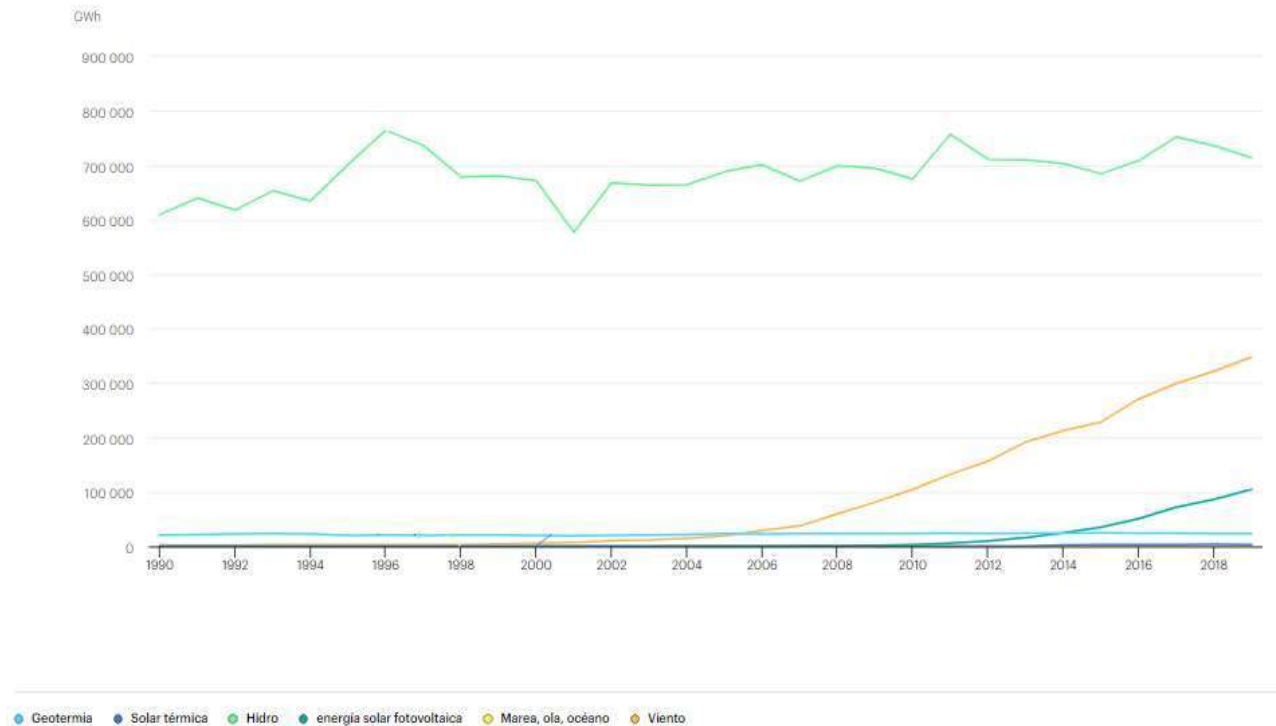
2.2.2 Energía renovable y medio ambiente de la región

Hiriart *et al.*, (2011) plantean que entre las diferentes fuentes de energía, las fuentes sostenibles son las que se crean incesantemente y son ilimitadas a escala humana. Mientras que André *et al.*, (2011) sugieren que el sector de la energía ha desarrollado nuevas técnicas y procesos que les han ayudado a sustituir parcialmente a los

combustibles fósiles y a la energía nuclear. Además prevén que esas técnicas vayan en aumento hasta alcanzar al menos el 50 por ciento de uso de energía producida a partir de fuentes renovables para 2030.

Más del 90 por ciento de la energía utilizada en todo el mundo a principios del siglo XIX procedía de fuentes renovables. Cien años después, esta proporción se redujo a sólo el 38 por ciento, y a principios del año 2000, únicamente se utilizaba el 16 por ciento de energía renovable, indica Fouquet (2009). Sin embargo en los últimos años, la proporción de energía renovable ha aumentado significativamente en varias naciones desarrolladas, como Canadá y Estados Unidos de América, lo cual sugiere que la tendencia puede estar cambiando.

Gráfica 5. Generación de electricidad renovable por fuente (no combustible), América del Norte 1989-2019.



Fuente: IEA, 2022.

América del Norte como parte integrante de los Estados Miembros para el logro de los ODS, conocidos también como Objetivos Mundiales, se han propuesto metas determinantes con relación a la generación de energía renovable para el año 2030. La gráfica 5 muestra el avance y la proyección con respecto al cambio progresivo de generación de electricidad renovable por tipos de fuentes.

En la gráfica anterior se muestra el desarrollo y la participación en la generación de energía eléctrica a través de las principales fuentes de energías limpias de la región de América del Norte durante el periodo de 1989 al 2019, según la disponibilidad de datos de la *IEA* para 2022. Además, en la misma gráfica puede observarse una elevada diferencia entre la inversión destinada para la generación de la energía hidráulica respecto de la energía solar, la eólica y la energía geotérmica.

La energía hidráulica muestra una línea de crecimiento casi homogénea durante todo el periodo y ha sido la fuente de mayor generación de energía renovable en la región, sin embargo también se ha optado por generar energía a través del desarrollo de otras tecnologías como la solar y la eólica, donde las líneas azul y naranja de la gráfica 5, muestran una tendencia alcista durante la última década.

Según la OMC en 2020, señaló que el esquema de integración y regulación del medio ambiente respecto a la utilización de energía eléctrica mediante fuentes renovables, fue diferenciado entre los tres países de la siguiente manera: muy desarrollado con relación a Estados Unidos, de menor proporción respecto a Canadá, e incipiente para el caso de México.

A finales del 2020 el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) resaltó que la inversión para el desarrollo y la aplicación de nuevas tecnologías han jugado una pieza clave, sobre todo en el caso de México, país que se ha destacado por la alta dependencia en la importación de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC's) del

mercado extranjero; sin embargo, sus índices de gasto público y de inversiones en este sector, se muestran a la baja en los últimos cinco años.

Mientras que Martínez (2009), nos remite a las negociaciones del TLCAN de 1994, cuando la percepción era que México no estaba lo suficientemente dispuesto a permitir la inversión extranjera en su industria energética. Sin embargo, con el paso del tiempo ha quedado claro que los sectores nacionales del petróleo, la electricidad y el gas natural se han liberalizado de este hecho, describe.

Por otro lado, nos encontramos con políticas menos conservadoras para el caso de Canadá y Estados Unidos de América, donde las reformas energéticas se han desarrollado de una manera más intensa y menos rígida de tal manera que se han adoptado leyes que regulan la aplicación del consumo eléctrico proveniente de insumos renovables, casi en su totalidad, para las nuevas industrias, según datos de la *IEA* en 2020.

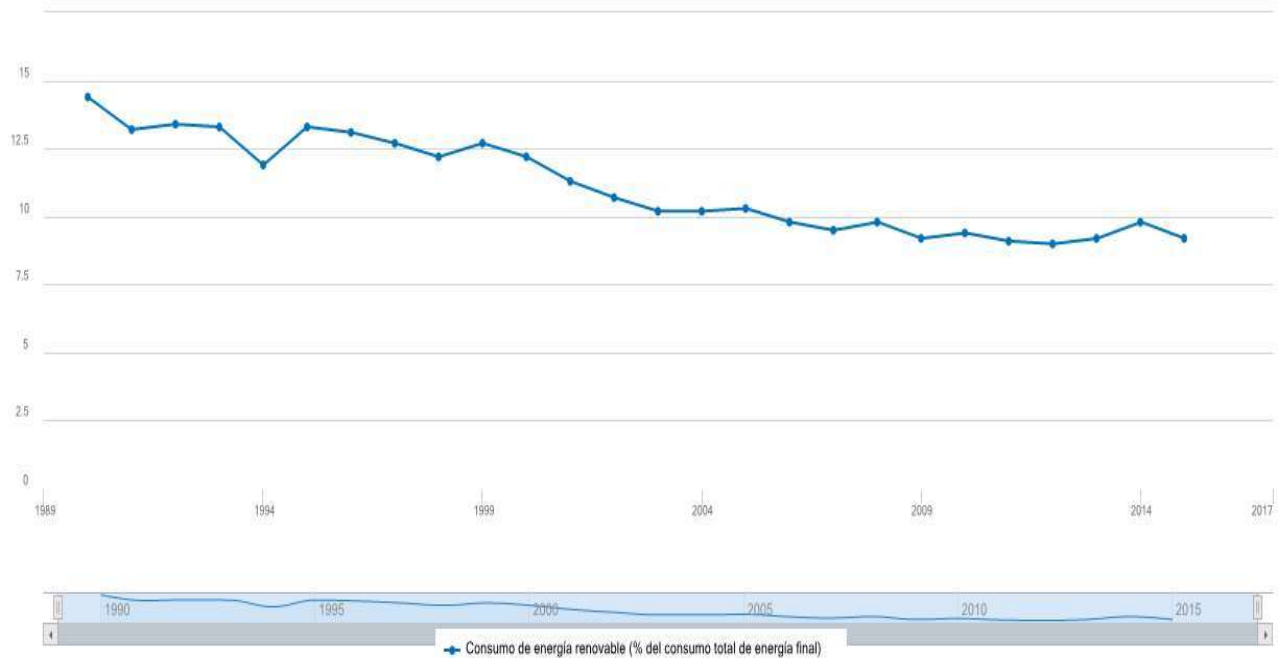
Canadá por su parte, tiene recursos eólicos excepcionales⁶ y casi todas las provincias y territorios hacen uso de ellos (Vega, 1991). Además, podemos destacar que en los últimos años, la energía renovable está ganando importancia en aquel país, desde que el gobierno elegido en 2015 llegó al poder, por lo que su capacidad instalada irá en crecimiento.⁷

A continuación, se muestran los porcentajes de consumo de energía renovable de cada uno de los países de Norteamérica, durante el periodo de 1989 al 2019. Se muestran los índices de México, Estados Unidos de América y Canadá, respectivamente.

⁶ Sin embargo, Canadá es un productor importante de energía térmica, por medio de bombeo geotérmico. (Helios Centre, 2019).

⁷ Con base en datos de la Revista Forbes, edición octubre 2016.

Gráfica 6. Consumo de energía renovable de México durante el periodo 1989-2019 (% del consumo total de energía final).



Fuente: Banco Mundial, 2020.

Como se observa en la gráfica anterior, la línea de consumo de energía renovable de México presenta una tendencia decreciente durante todo el periodo, como lo indican los datos del Banco Mundial para 2020.

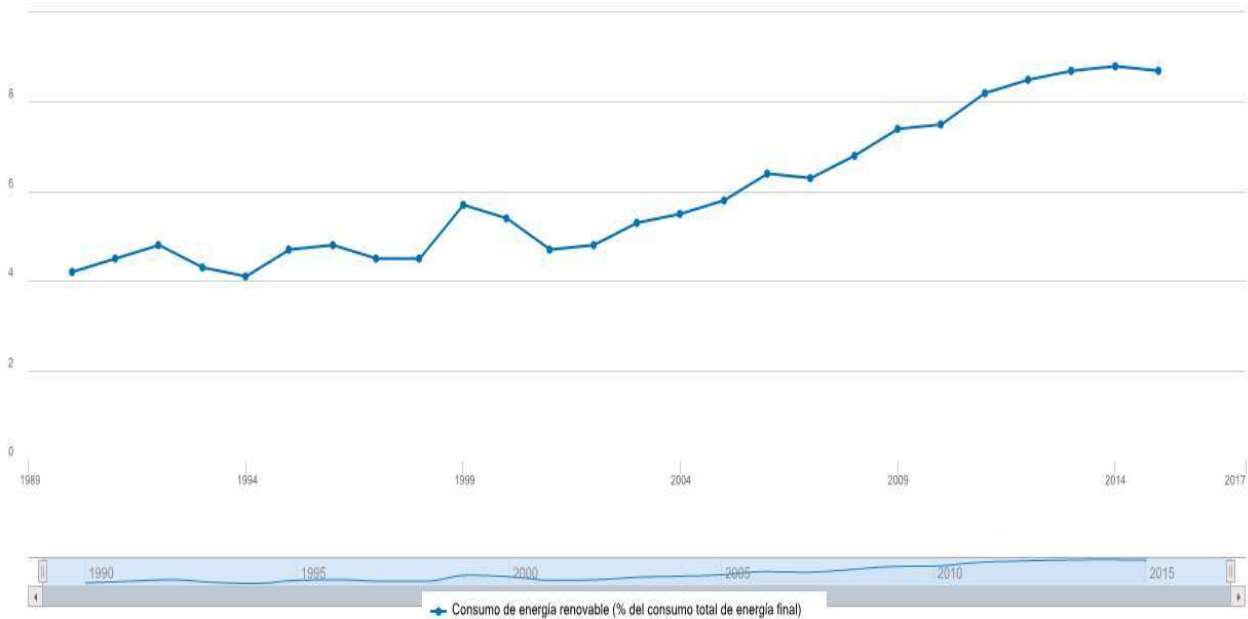
Este panorama se podría explicar debido a que México ha disminuido su interés por la inversión y aplicación de tecnologías durante las últimas décadas, según los estudios de retrospectivas en la generación de energías renovables de la Organización Mundial del Comercio (OMC) y la Secretaría de Energía (SENER) en 2020. Lo anterior, a pesar de ser un país activo dentro de las políticas mundiales para el desarrollo sostenible, pues como se observa en la gráfica anterior, existe una disminución de casi el 40 por ciento⁸ en el consumo final de energía renovable entre 1989 y 2019.

⁸ Tomando como referencia el número 15 como el 100 por ciento, que es el índice de medición más alto en la gráfica.

Así mismo, esa disminución constante, podría atribuirse parcialmente debido a que fue una etapa de política pública desigual con respecto al interés por el crecimiento económico encaminado al desarrollo sostenible, según la idea de Martínez (2009) misma que desde una perspectiva de desarrollo e impacto tecnológico para la generación y uso de energía renovable, se ha visto mínimamente desarrollada para el caso de México.

Por otro lado, en la gráfica 7 se muestra la tendencia de consumo de energía renovable de Estados Unidos de América, durante el periodo de 1989 al 2019. En el caso de un país desarrollado como EE.UU., la tendencia de consumo de energía renovable se muestra en aumento en casi todo el periodo del análisis. Este aumento representa casi un 50 por ciento durante el periodo de 1989 al 2019.

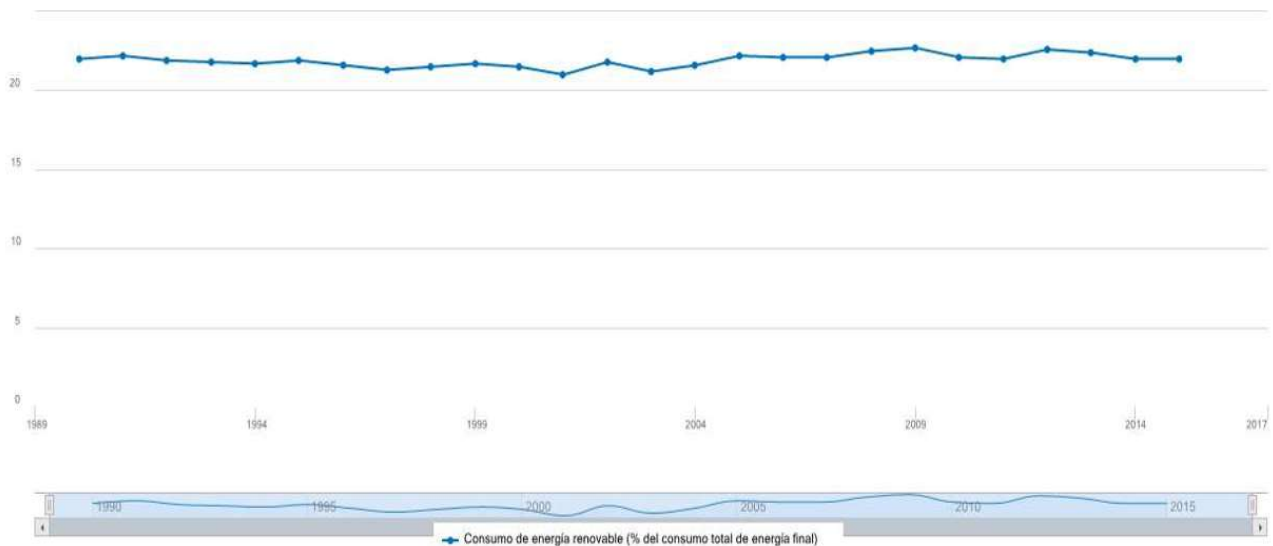
Gráfica 7. Consumo de energía renovable de Estados Unidos de América, 1989-2019 (% del consumo total de energía final).



Fuente: Banco Mundial, 2020.

A pesar de que en el año 2016 su tendencia de renovables fue ligeramente decreciente, el resto del periodo del análisis de la gráfica anterior muestra que Estados Unidos de América incrementó su consumo de energía generada a través de fuentes renovables. Posteriormente, en la gráfica 8 se muestra el consumo de energía renovable para el caso de Canadá, durante el periodo de 1989 al 2019.

Gráfica 8. Consumo de energía renovable de Canadá durante el periodo de 1989-2019 (% del consumo total de energía final).



Fuente: Banco Mundial, 2020.

Dentro de este análisis pueden destacarse dos principales puntos. En primer lugar, se observa que el consumo de energía renovable de Canadá ha sido muy constante y ha ido en crecimiento durante todo el periodo. En segundo lugar, al ser un país abundante en recursos naturales, podría considerarse una economía con un crecimiento económico sostenible más equilibrado, de modo que esas características han beneficiado su participación activa dentro de las políticas de mejora del medio ambiente, en colaboración con el resto del mundo.

En resumen, las gráficas de consumo de energía renovable, muestran que en conjunto los tres países: Canadá, Estados Unidos de América y México, han mantenido su interés por reducir los efectos de la contaminación que se genera por el consumo de la energía eléctrica obtenida a través de combustibles fósiles.

2.3. Cambio climático en la región de América del Norte

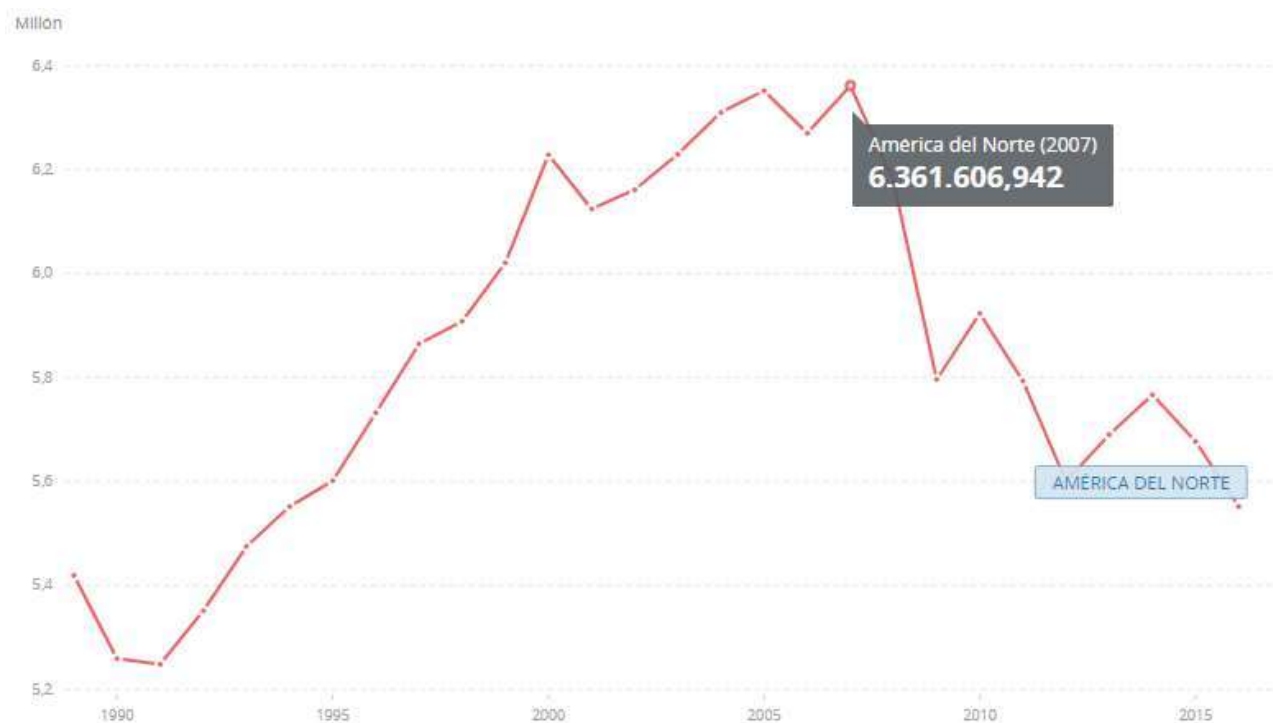
Se podría afirmar que la producción, distribución y consumo de energía convencional tienen un impacto en el ambiente como todas las actividades humanas, y que son las culpables de algunos de los mayores problemas ambientales en el mundo, como la lluvia ácida y el cambio climático. Es cierto que estos efectos son infinitamente menores y siempre reversibles en las energías renovables, sin llegar a afirmar que no existen Merino (2007).

Sin duda, ha llegado el momento de hacer frente a uno de los grandes problemas de nuestro tiempo: el cambio climático. Para ello, la ONU subraya que *“los gases de efecto invernadero (GEI) se producen de forma natural y son cruciales para la existencia de las personas y de otras muchas especies, ya que mantienen la habitabilidad de la Tierra al impedir que parte del calor del sol se escape al espacio”*. Pero después de más de un siglo y medio de industrialización, deforestación y actividades intensivas, las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero han alcanzado máximos históricos.

En 2018, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático o Panel Intergubernamental del Cambio Climático (*The Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*, por sus siglas en inglés) publicó un informe acerca de América del Norte y sus impactos sobre el calentamiento global, el cuál mostró un incremento promedio de 1.5°C en los últimos cinco años, destacan que en comparación con otras regiones, este índice podría mostrar un panorama más alentador en los próximos años.

Una de las conclusiones más relevantes en este informe es que el aumento de una desviación atmosférica peligrosa a este nivel requerirá de grandes e intensos cambios, de una manera amplia y excepcional en todas las partes de la sociedad. Este informe se centra en que restringir un cambio climático antinatural a 1.5°C, en contraste con los 2°C normales en diferentes lugares, concluye en que debería seguir estando estrechamente relacionado con el compromiso de construir una sociedad más solidaria e imparcial.

Gráfica 9. Emisiones de CO2 (kt) – América del Norte 1989-2019.



Fuente: Banco Mundial, 2020.

Existen pruebas inquietantes de que se han superado algunos focos de inflexión que provocarían cambios irreparables en entornos significativos del mundo. Lo que afecta también al ecosistema del planeta, al ser un indicador sin límites para las fronteras territoriales.

Por su parte, la gráfica 9 muestra los niveles de CO₂ generados por la región de América del Norte durante el periodo de 1989 al 2019. Los valores están medidos en kilotones (kt) totales respecto de las emisiones contaminantes provenientes de la quema de combustibles fósiles.

Además de su tendencia en sentido positivo y muy elevado durante la mayor parte del periodo, resulta un repunte muy pronunciado en 2007, con cifras que alcanzaron más de los 6,000 millones de kt, derivados del consumo de energía total anual; representando particularmente el pico de emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera por parte de la región, durante el periodo de 1989 al 2019.

Cabe destacar que a pesar de que se sigue manteniendo un elevado índice de contaminación ambiental en la región, la gráfica anterior muestra que en la última década, la pendiente de la recta se muestra parcialmente decreciente, y según datos del Banco Mundial, se espera que disminuyan aún más; tratándose de una región particularmente activa dentro de las políticas para el desarrollo sostenible.

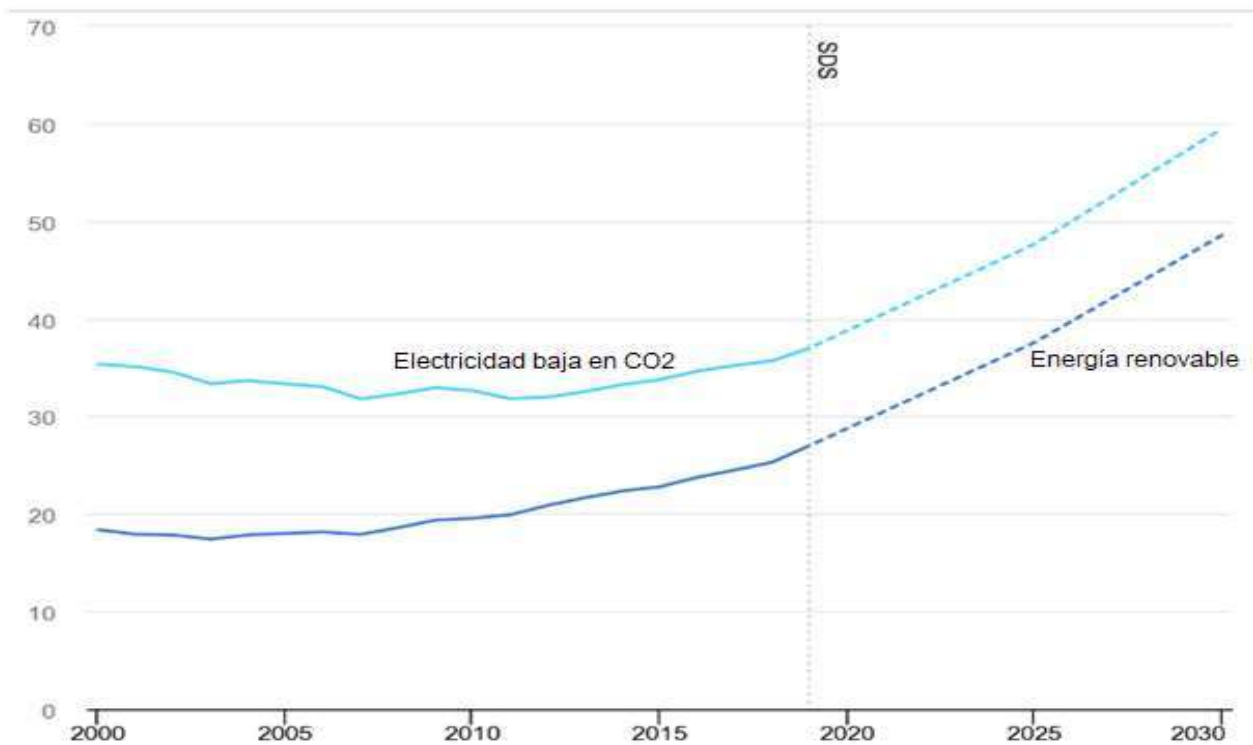
2.4 Proyección hacia el desarrollo sostenible de la región para el año 2030

Respecto a la proyección de la generación de energía a través de fuentes renovables de la región, y en la búsqueda del desarrollo sostenible, la *IEA* en 2020, señaló que se espera que para el año 2030 la generación de esta energía alcance casi el 50 por ciento del consumo total necesario por parte de los tres países.

En la gráfica 10, se observa que para el año 2000, la generación de energía renovable no alcanzaba ni el 20% del total necesario, al cierre del 2019 este factor alcanzó un crecimiento de casi 9 por ciento en un periodo de 19 años, con respecto al año 2000. Si se hace la diferenciación matemática del tiempo, restan 11 años para lograr producir un 23 por ciento más y así alcanzar los objetivos propuestos para el cierre del año 2030. En este sentido, sería complejo decir que las cifras para el cumplimiento del crecimiento

económico sostenible de la región alcancen estimaciones favorables al cierre del año 2030. Sin embargo, según cifras de la OMC para 2020, se espera un escenario favorable en la aplicación de nuevas tecnologías de desarrollo sostenible que coadyuven al mejoramiento del medio ambiente.

Gráfica 10. Escenario de generación de energía renovable en América del Norte, proyección hacia el desarrollo sostenible para el año 2030.



Fuente: IEA, 2020.

Este escenario de concientización por parte de la región, ha emergido una latente preocupación de sus habitantes por adoptar nuevas medidas en beneficio del medio ambiente ecológico, y en cierto sentido con una tendencia creciente por parte de las nuevas generaciones. Particularmente, en la sociedad actual se ha visto una creciente e inevitable atención acerca del avance tecnológico en relación a la generación y uso de recursos renovables para el caso de la energía eléctrica, sugieren André *et al.*, (2011).

Por su parte, Zhang (2019) afirma que la razón del creciente interés por las energías renovables es que estas fuentes de energía contribuyen a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes locales, lo que ayuda a minimizar la dependencia energética y fomenta el avance técnico tanto a nivel local como mundial. Numerosas evaluaciones profesionales han respaldado estos argumentos a favor de las fuentes de energía renovables, y actualmente importantes instituciones internacionales coinciden en ello. Además, se espera que estas y otras variables se pronuncien en beneficio del medio ambiente y del desarrollo económico.

CAPÍTULO III. REVISIÓN DE LITERATURA TEÓRICA Y EMPÍRICA

El presente capítulo está conformado por las teorías que proporcionan un soporte científico a cada una de las variables seleccionadas.

3.1. Fundamentos teóricos

En este apartado primero se abordan algunos conceptos básicos acerca de la definición de las variables empleadas para el desarrollo de la investigación. Posteriormente, se desarrollan las teorías de comercio, así como algunas teorías del consumo de energía, crecimiento económico y comercio, además se emplean modelos con recursos renovables y comercio, y finalmente se habla de algunos modelos de comercio y cambio climático.

3.1.1 Definición de comercio

“El comercio es el proceso histórico de la humanidad, desde el punto de vista de los regímenes económicos; sus etapas son: la economía doméstica o feudal, que se transformó en una economía nacional mediante la unión de varios feudos bajo el control de un solo mando político y económico, y que más tarde evoluciona hacia una economía internacional” (Mercado, 2008).

3.1.2 Definición de comercio internacional

En términos de comercio internacional, Paul Krugman (2008) sostiene que la existencia de una competencia imperfecta y la expansión de las economías de escala explican una parte del comercio internacional, en particular el comercio entre países similares (como los que tienen un excedente de capital). Debido a esto, los modelos económicos se evalúan inicialmente utilizando las ocurrencias económicas estándar de las naciones más industrializadas.

“El comercio internacional abarca el comercio de bienes y servicios y su pronóstico, el comercio por tamaño de la empresa, los términos de intercambio, el valor agregado

interno en las exportaciones brutas y el contenido de importación de los datos de las exportaciones” (OCDE, 2021).

3.1.3 Concepto de energía renovable

“La energía renovable es una fuente de energía nueva y rentable que protege de volatilidad a los mercados energéticos y a los usuarios, apoya la estabilidad económica y estimula el crecimiento sostenible” (IRENA, 2020).

Por su parte, la SENER (2012) afirma que, dado que su cantidad disponible no disminuye cuando se cosecha, esta energía puede utilizarse indefinidamente si se controla adecuadamente.

Por otro lado, Badii *et al.*, (2015) consideran que las energías renovables son las que se realizan en un flujo constante y se dispersan a través de ciclos regulares, que se evalúan como ilimitados, ya que su recuperación es perpetua. En otro sentido, la energía que se produce a través de fuentes renovables, en algunos casos, es continua e inagotable, como el caso de la energía geotérmica. Por su parte la energía eólica es generada en porcentajes menos constantes ya que depende más de las estaciones del año, pero es continua, y en su caso, la energía solar aunque también depende de los cambios climáticos, ésta puede ser almacenada cuando se produce más de la que se consume.

Mientras que para González (2009) las energías renovables son aquellas cuyo flujo de fuentes naturales se regenera al mismo ritmo que su consumo.

3.1.4 Definición de crecimiento económico sostenible

“Es aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias” (Brundtland, 1987).

En 2002, el Plan de Aplicación de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible (WSSD, por sus siglas en inglés) de Johannesburgo hablaba de «la integración de los

tres componentes del desarrollo sostenible —el crecimiento económico, el desarrollo social y la protección del medio ambiente—, pilares interdependientes que se refuerzan mutuamente» (WSSD, 2002).

3.1.5 Definición de demanda de energía

Häfele (1977) menciona que, en una primera tentativa de definir con exactitud la demanda de energía y sus interacciones con otros objetivos, por ejemplo los económicos, muestra que esta definición implica un concepto excepcionalmente complicado, y que en algunos casos todavía se entiende y se aplica mal, ya que se deben tomar en cuenta muchos factores⁹ que intervienen en la determinación para que se llegue a encontrar la demanda de energía. En términos generales, recomienda que se observen cautelosamente las afirmaciones relativas a la demanda de energía. Por lo tanto, en adelante se trabajará bajo este principio.

3.1.6 Definición de emisiones de CO₂

“Las emisiones de dióxido de carbono son las que provienen de la quema de combustibles fósiles y de la fabricación del cemento. Incluyen el dióxido de carbono producido durante el consumo de combustibles sólidos, líquidos, gaseosos y de la quema de gas” (Banco Mundial, 2020).

3.2. Principales teorías clásicas del comercio

Dado que las personas y las empresas se comportan de forma similar en las interacciones nacionales e internacionales, la economía internacional emplea las mismas técnicas analíticas fundamentales que otras áreas de la economía, según Obstfeld & Krugman (2006). En este sentido, las teorías del comercio internacional siguen la misma conducta tendencial que otras, dado que sus orígenes siguen un fin común.

⁹ Factores sociales, económicos, científicos y técnicos.

Para dar inicio con esta parte teórica de los enfoques clásicos de la economía internacional, Ellsworth (1969) determina importante comenzar con el estudio del desarrollo histórico desde los principios relativos al comercio internacional; pues pone de manifiesto el progreso que ha surgido en el mundo de la economía, al revelar los orígenes de las doctrinas aceptadas por muchos economistas.

Appleyard & Field (2003) señalan que las doctrinas clásicas representan una elevada importancia en la historia del desarrollo de la teoría del comercio internacional, además de que constituyen el origen de los principios económicos predominantes en la enseñanza, de manera que forman la estructura para el análisis económico actual.

Además Ellsworth (1969) afirma que la economía se ha centrado en la creación y la distribución de la riqueza desde sus inicios. Por su parte, Rodríguez (2012) indica que el objetivo de un imperio era amasar la mayor cantidad de riqueza al menor costo posible, dado que el valor de una nación estaba determinado por la cantidad de metales preciosos que poseía, particularmente oro y plata. Este supuesto, que más tarde se convertiría en una de las teorías de comercio más relevantes, determina una de las bases más sólidas de esta investigación.

Por su parte, Bajo (1991) hace un énfasis en el papel que jugaba el gobierno en las políticas económicas que fueron seguidas por los mercantilistas, las cuales se derivaron de estas doctrinas básicas. Los gobiernos controlaban el uso e intercambio de metales preciosos, a lo que a menudo se hace referencia como bullionismo o metalismo (Appleyard & Field, 2003). Desde la decadencia del feudalismo a finales de la Edad Media, la nación ha constituido la unidad política y económica dominante (Ellsworth, 1969). Las creencias y actitudes de millones de personas han sido influenciadas por ella durante tres siglos, y muchos, si no la mayoría, de nuestros problemas económicos han tomado una forma única como resultado.

Las ideas fundamentales de la teoría del comercio internacional fueron formuladas inicialmente por autores mercantilistas en los siglos XVI y XVII Ellsworth (1969). Un fuerte y ferviente nacionalismo que hacía hincapié en la fuerza y la prosperidad de la nación definía la ideología y la política mercantilista durante el periodo. Se creía que las exigencias del Estado eran la principal razón de los recursos de la comunidad. Además, la actividad se veía más como una fuente de fuerza nacional que como una forma de satisfacer las necesidades y deseos de la gente, señala Heckscher (1935).

No obstante, Obstfeld & Krugman (2006) destacan que los estudiosos del pensamiento económico suelen describir el ensayo «Sobre la balanza comercial» del filósofo escocés David Hume como la primera aparición real de un modelo económico. Señalan que en 1758, Hume publicó su ensayo, cerca de 20 años antes de que Adam Smith publicara *“La riqueza de las naciones”*.

En esencia, la teoría de David Hume afirmaba que en todos los países los precios están dados por la cantidad de dinero. “Un país de precios bajos puede eliminar del mercado a un país de precios altos vendiendo más barato” (Hume, 1955). Esta eliminación llevaría a una profusión de metales al país de precios bajos, subiendo en él los precios y bajándolos en el otro país Ellsworth (1969). En los mercados actuales, la competencia de precios ha sido un indicador que explica el posicionamiento de algunos países que han logrado mantenerse por encima de otros que tenían el poder del mercado en ciertos sectores de la industria.

Por su parte, Smith (1776) adaptó sus teorías sobre la actividad económica dentro de una nación al comercio internacional y la especialización. Llegó a la conclusión de que las naciones debían especializarse, exportar los bienes en los que tuvieran una ventaja distintiva e importar las materias primas en las que sus socios comerciales se beneficiaran por igual. En su obra, Smith determinó que el papel adecuado del gobierno era asegurarse de que el mercado fuera libre para funcionar de manera ilimitada, de tal

forma que eliminara las barreras al funcionamiento efectivo de la "mano invisible" del mercado.

Según, Ellsworth (1969) Adam Smith, quien a menudo es llamado el padre de la ciencia económica, además llevó a cabo la labor fundamental de aglutinar, ampliar y mejorar el campo de investigación de los asuntos financieros, e introdujo el material de una manera tan convincente y fascinante que mejoró aún más la comprensión de los investigadores para interpretar las cuestiones monetarias. Sin embargo, no presentó una propuesta de cambio a la ya teoría determinada por parte de Hume.

Bajo (1991) describe que más tarde, estas ideas fueron desafiadas por el tiempo y por economistas que posteriormente fueron identificados como los primeros pensadores económicos clásicos. Este desafío al mercantilismo culminó con la obra de David Ricardo, quien incluso actualmente se encuentra en "el corazón de la teoría del comercio internacional", además aportó en un sentido histórico el desarrollo de la teoría del comercio y proporcionó una base para evaluar los argumentos de política comercial que son claramente de naturaleza mercantilista.

Finalmente, Ellsworth (1969) afirma que sólo un aspecto de la contribución inicial de John Stuart M al estudio de la economía internacional -su teoría de la demanda recíproca- era relevante para el campo. Si bien es cierto que contribuyó significativamente a su comprensión en otras áreas, se extendió debido a la claridad y coherencia con la que elaboró, reformuló y combinó las ideas contradictorias encontradas en Hume, Smith, Ricardo y otros autores.

3.2.1 Teorías de crecimiento económico y comercio

El desarrollo es el resultado de los cambios en la innovación o la obtención de activos adicionales, como el trabajo, el capital físico o los recursos humanos. "En la medida que el comercio internacional afecte y sea afectado por el crecimiento económico, es necesario examinar las diversas implicaciones económicas más importantes de este

fenómeno” (Appleyard & Field, 2003). Como resultado del crecimiento económico de la actividad productora de cada país, es necesario evaluar el efecto creciente sobre las nuevas posibilidades con el fin de sacar el máximo beneficio a los recursos y optimizar las utilidades.

La literatura señala que una de las principales características de las teorías clásicas del comercio supone que las posibilidades de producción de un país permanecen constantes. No obstante, dentro de la teoría del crecimiento económico que surge precisamente gracias a los cambios de perspectiva dentro de los planteamientos de nuevos escenarios económicos y debido a los efectos del crecimiento sobre la producción, a este efecto se le conoce como frontera de posibilidades de producción (FPP), el cual establece la clasificación de los efectos del crecimiento sobre el comercio.

Este planteamiento supone que a medida que ocurre el crecimiento en la producción, la FPP presenta un desplazamiento hacia afuera, lo cual permite observar el crecimiento de la nueva potencia productora de los bienes en cuestión, para que los países tengan la posibilidad de escoger entre diferentes combinaciones de producción y maximizar las utilidades.

Con la nueva teoría neoclásica del crecimiento económico Robert Solow (1956) rompe con la idea convencional de que el principal motor de la expansión económica era la acumulación de capital. La principal conclusión de Solow fue que sólo una pequeña parte del crecimiento económico puede atribuirse a la acumulación de capital físico, señalan Gregorio & Primera (2013).

En su estudio Solow, después de medir los factores observables del crecimiento, decidió medir el cambio tecnológico sobre una base residual. Calculó el factor residual en términos de producción por unidad de trabajo como la diferencia entre el crecimiento observado de la producción por trabajador y el crecimiento del capital por trabajador ponderado por la proporción de capital en la producción.

Recordando las primeras teorías que surgen con respecto a los modelos del crecimiento económico, los economistas clásicos exploraron detenidamente las contribuciones de la tierra a la economía, se dice que incluso por encima de los costos de mano de obra y capital (Ellsworth, 1969).

Por otro lado, Díaz (2010) menciona que la explicación de Adam Smith en este contexto se da de manera más directa, desde la agricultura, la naturaleza y el trabajo del hombre, mientras que en las industrias la naturaleza se sienta ociosa, el hombre lo hace todo. Además, señala que la aplicación de la teoría clásica a estas nociones de los "poderes" de la naturaleza puede desglosarse en tres etapas, la primera de las cuales destaca porque los economistas tradicionales separaban su economía en dos sectores, la agricultura y la manufactura.

En el segundo caso, la distinción entre la agricultura y otras formas de producción se hace reconociendo que la tierra se utilizaba como un tercer factor de producción junto con el trabajo y el capital. El tercer reconocimiento se da ya que, en ciertas formulaciones, se pensaba que la cantidad de tierra disponible era fija mientras que, en opinión de Ellsworth, su calidad era variable. Por lo tanto, llegan a la conclusión de que la oferta fija de tierra provocaba una propensión a los rendimientos de la inversión y del trabajo en la agricultura.

3.2.2 Teoría del desarrollo económico

Para Lewis (1957), el objetivo de la teoría económica del desarrollo (*TED*) es explicar sistemáticamente los factores que contribuyen al crecimiento económico a largo plazo, especialmente en las naciones de bajos ingresos. La economía del desarrollo, comúnmente conocida como economía del desarrollo, es el área de la economía que se centra en los problemas a los que se enfrentan las naciones subdesarrolladas, así como en las políticas y los planes necesarios para que estas naciones superen estos retos. De esta manera, la economía del desarrollo surgió explícitamente en la década de 1940.

En esas épocas, Steinberg (2004) señala que los estudiosos de la economía no mostraron mucho interés por las áreas atrasadas. Los clásicos (excepto Karl Marx) no abordaron las cuestiones de atraso en las culturas que contribuyeron a la pobreza de su época, según el autor, principalmente debido a la falta de conocimientos o de tecnología que pudiera proporcionar estadísticas precisas para crear modelos de estudios como los que conocemos ahora.

Sin embargo, la expresión moderna “desarrollo económico” no alcanzó su índole hasta después de la Segunda Guerra Mundial, mientras que otros estudiosos de la época, hablaban de “progreso material”, describe Steinberg (2004).

El desarrollo de los recursos minerales y agrícolas de las colonias era la forma en que la literatura colonial entendía el desarrollo en las décadas de 1920 y 1930. Las repercusiones distributivas y sociales de dicho crecimiento fueron ignoradas en su mayoría por los pioneros, que normalmente pensaban que eran de poca importancia, según Ellsworth (1969).

Por su parte, Gregorio & Primera (2013) afirman que dado el énfasis puesto en el crecimiento, a mediados de la década de 1960 surgió una preocupación por los objetivos reales del desarrollo, dando paso a una nueva era en la historia del pensamiento económico sobre el desarrollo. En concreto, los objetivos (mejorar la calidad de vida de la población) y no tanto los métodos (expansión de la renta per cápita).

3.2.3 Teoría de Heckscher-Ohlin

Eli Heckscher¹⁰, (1919) y Bertil Ohlin¹¹, (1933) economistas de origen Sueco, ambos analistas e investigadores de variados temas tanto económicos como políticos. Dentro del campo de la economía, determinaron sus variantes respecto de la ventaja comparativa. Ambos afirmaban que las variaciones en la dotación de factores son una causa de la ventaja comparativa (tierra, trabajo y capital).

Ambos estudiaron las desigualdades de las dotaciones de los factores que describen las variaciones de los costes relativos entre estos mismos, como un tipo de combinación binaria relativa. Decían que entre más numeroso es un factor, su costo se reduce relativamente, en este sentido, los países con factores nacionalmente abundantes son los que tenderán a exportar, e importarán bienes de los que hacen uso intensivo y que se consideran factores localmente escasos (Obstfeld & Krugman, 2006).

De acuerdo con esta idea, estaría claro que una nación con una elevada mano de obra está destinada a exportar bienes igualmente intensivos en mano de obra; sin embargo, hay otros ejemplos de naciones industrializadas con importantes reservas de capital que no siempre se han utilizado para enriquecerse a través del comercio.

Por su parte, la riqueza de los países se evaluaba únicamente en función del intercambio de mercancías producidas en el país de origen Obstfeld & Krugman (2006) lo que ocasionaba una barrera en términos de llevar a cabo una comparación más allá de sus propuestas con efectos cerrados o puramente obstruidos. Respecto de las aportaciones más importantes de Heckscher a la teoría económica, Ruiz (2020) la destaca como su

¹⁰ La contribución más importante fue su artículo "Effects of Foreign Trade on the Distribution of Income" de 1919.

¹¹ La principal contribución de Ohlin a la teoría económica se encuentra en su libro "Interregional and International Trade", el cual se basa en un postulado anterior planteado por Eli Heckscher, desde entonces llamado "modelo de Heckscher-Ohlin".

mezcla de hipótesis inventivas y la utilización de otro enfoque para explorar la historia financiera.

En resumen, Ellsworth (1969) señala que las ventajas comparativas de las naciones se basan en sus variadas dotaciones relativas de factores productivos, según la teoría de la ventaja comparativa de Hechscher y Ohlin; dada esta situación en la que hay variadas abundancias relativas y en la que también se reconoce que algunas industrias o sectores utilizan un determinado factor más que otros.

Según Salazar *et al.*, (1990) detalla que con la liberalización del comercio, se prevé que cada nación se centrará en la producción de bienes con una alta concentración del factor relativamente abundante; si este es el caso, se anticiparía que la utilización de la ventaja comparativa en una industria particular mejoraría la relación de intercambio y el crecimiento económico.

3.3. Modelos de crecimiento económico y comercio

La relación entre el crecimiento económico y las exportaciones ha sido un tema de considerable interés en los últimos años. Feder (1982) señala que dos de los precursores más señalados en la defensa de la hipótesis del crecimiento impulsado por las exportaciones fue Kaldor (1970) quien asume que la fuerza impulsora del crecimiento económico capitalista se centra principalmente en la demanda, siendo las exportaciones su componente más importante.

Mientras que Beckerman (1997) lo hace desde una perspectiva en la que determina que el aumento de las exportaciones tiene un impacto positivo en la economía, especialmente debido a las ganancias en las economías de escala, que generan una mayor productividad y aumentan la competencia a través de los precios.

Posteriormente y con respecto a los modelos de crecimiento y el consumo de energía Sadorsky (2009) hace una aportación relevante respecto a diversos planteamientos del crecimiento económico y la demanda de energía en las economías emergentes a través de un estudio desarrollado como consecuencia del conocimiento en el aumento de esos factores.

Sadorsky señala que el progreso económico de cualquier país depende en gran medida del comercio y que cuanto más desarrollada esté una nación, mayor será su consumo de energía. Llega a la conclusión de que el aumento de la renta real per cápita tiene un efecto favorable y estadísticamente significativo en el aumento del consumo per cápita de energías renovables. Por lo tanto, cuanto mejores sean las condiciones para producir energía mediante la aplicación de nuevas plataformas tecnológicas que prometen un menor daño medioambiental, más desarrollada estará una nación.

3.3.1 Export-Led Growth hypothesis (ELG)

“Esta teoría económica determina la relación entre las exportaciones y el crecimiento económico, ya que muestra la relación de causalidad que puede ir del crecimiento de las exportaciones al crecimiento económico” (Balassa, 1978). Mientras que (Helpman & Krugman, 1985) evaluaron si un aumento de las exportaciones puede contribuir a la difusión de los conocimientos tecnológicos. Este método pone de manifiesto que los resultados de las exportaciones de un país pueden repercutir en el crecimiento económico. Además, demuestra cómo la idea de una política orientada a la exportación fomenta el crecimiento económico.

Tanto directamente, como componente de la producción total, como indirectamente, a través del uso eficaz de los recursos, el mayor uso de las capacidades, la explotación de las economías de escala y la estimulación del avance tecnológico gracias a la competencia en el mercado internacional, el crecimiento de las exportaciones puede ser un catalizador del crecimiento de la producción, según Sahni & Atri (2012).

Además, las exportaciones facilitan el intercambio de divisas, lo que permite importar más capital y bienes intermedios, lo que a su vez estimula la producción de nuevo capital y, en última instancia, la expansión de la producción Balassa (1978). Diversos estudios transversales elaborados por autores como: Heller & Porter, 1978; Michaely, 1977; Balassa, 1978; Feder, 1983; Krueger, 1985; Lussier, 1991; McNab & Moore, 1998; Tsen, 2010; y otros, han mostrado evidencia que respalda la teoría Export-Led Growth hypothesis ELG.

La perspectiva de que la actividad exportadora pueda dar lugar a un crecimiento a través de uno o varios de los siguientes mecanismos constituye la base del vínculo macroeconómico entre las exportaciones y el crecimiento económico: Puede fomentar la especialización en la producción de productos de exportación y, en consecuencia, aumentar la productividad y las cualificaciones en el sector exportador, lo que puede dar lugar a una redistribución de recursos del sector ineficiente al sector eficiente, coinciden Giles & Williams, 1999; Kugler, 1991; McKinnon, 1964; Grossman & Helpman, 1991; Helpman & Krugman, 1985, entre otros.

La mayoría de las investigaciones llegan a la conclusión de que la actividad exportadora puede estimular el crecimiento a través de una serie de mecanismos, principalmente los que apoyan la especialización de la industria exportadora con respecto a los bienes exportados para incrementar la productividad y la experiencia en el sector de la exportación.

3.4. Revisión de literatura empírica

En la primera parte del presente capítulo, se abordaron algunas de las teorías más relevantes que aportan un sustento científico para llevar a cabo la investigación planteada en este documento. En el presente apartado se muestra la evidencia empírica que respalda la relación de las variables a utilizar para el desarrollo de este estudio.

3.4.1 Modelos de crecimiento con recursos renovables y comercio

“El crecimiento de la productividad total de los factores hace a la sostenibilidad técnicamente más fácil de alcanzar y la sostenibilidad puede ser posible incluso con una elasticidad de sustitución menor a uno” (Díaz, 2010). Sin embargo, la viabilidad técnica no garantiza la sostenibilidad en un futuro próximo. Esto sugiere que la producción futura será probablemente mayor por unidad de recurso debido a los avances tecnológicos. Se puede considerar que el agotamiento actual es el más rápido en función de las prioridades del consumo actual frente al futuro.

En particular, Bovenberg & Smulders (1996) observaron que no se ha investigado mucho sobre el aumento de los recursos no renovables. Otros modelos contienen presunciones mucho más detalladas, por ejemplo, Smulders & Mooij (2003) suponen que, aparte de una posible disminución histórica del nivel de energía utilizable, ésta tiene una tasa de crecimiento positiva.

Por su parte, Aghion & Howitt (1998), que examinan cuatro modelos distintos para identificar el crecimiento sostenido, proporcionan la mayoría de los resultados en general, dado que la calidad del medio ambiente se considera un recurso renovable, dos de los modelos incluyen la contaminación ambiental, mientras que los otros dos utilizan recursos no renovables. Mientras que el modelo de Schumpeter con recursos no renovables permite un desarrollo infinito en la producción, ya que los modelos empresariales que utilizan principalmente recursos no renovables presuponen que este recurso es necesario en la producción.

Tahvonen & Salo (2001) construyeron un modelo para investigar los cambios de las fuentes de energía renovables a las no renovables en varias etapas del crecimiento de una economía. Los investigadores plantean conocer cómo podría actuar el proceso de crecimiento en este momento, de forma similar a como lo hizo Stiglitz (1974).

Los modelos tienen en cuenta los costos de producción de las fuentes de energía renovables y de extracción de los combustibles fósiles, y demás prevén que estos costos aumentarán hasta cierto punto a medida que avancen las exportaciones. Sin embargo, Tahvonen & Salo (2001) muestran que en el contexto histórico el énfasis en la producción de energía puede evolucionar de renovables a no renovables y de nuevo a renovables, no obstante, señalan que el consumo de recursos no renovables puede aumentar y su precio disminuir.

Según Kasperowicz *et al.*, (2020), en un estudio que sirvió para determinar la energía renovable y la economía como nexo de crecimiento en 29 países europeos durante el período de 1995 al 2016, sus resultados muestran evidencia de asociación de equilibrio a largo plazo entre la energía renovable y el comercio internacional.

Mientras que Dahlke *et al.*, (2020) concluyen que los proyectos de energías renovables superarán las barreras de comercialización iniciales y que irán en aumento como parte de la adopción estratégica económica de las grandes naciones. Además, su estudio de políticas e inclinación del mercado hacia un desarrollo sustentable más relevantes, indican que los costos de los proyectos de energía limpia son ahora competitivos y en algunos casos inferiores a los de los combustibles fósiles convencionales.

Por su parte, M. Zhang *et al.*, (2021) investigaron los efectos de la apertura comercial sobre el consumo de energía renovable en 35 países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) durante el período comprendido entre 1999 y 2018. Sus principales hallazgos revelan la existencia de una relación fuertemente no lineal entre la apertura comercial y el consumo de energía renovable. Este mismo estudio realizó análisis para países específicos, por ejemplo, para México, las exportaciones y el comercio total tuvieron un impacto más fuerte en el consumo de energía renovable, mientras que para Estados Unidos de América ejercen el menor impacto.

Finalmente, Khan, Yu, *et al.*, (2020) sugieren que cualquier país con acceso a mercados abiertos puede importar múltiples tecnologías verdes de países desarrollados, reduciendo así las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Por su parte, Rahman (2017) tras realizar varios estudios, demostró que el efecto neto del crecimiento económico sobre las emisiones podría ser negativo o positivo. De la misma forma, Shahbaz *et al.*, (2013) destacaron que la lógica detrás de un impacto positivo, es que un país puede acceder más fácilmente al mercado internacional a través del libre comercio, lo que permite mejorar la competitividad y la eficiencia de los países.

3.4.2 Modelos de consumo de energía eléctrica y comercio internacional

Según un informe de la Energy Security Quarterly en 2008, Finlandia y Suecia utilizaron energías no renovables con menos frecuencia en 2006, comparados con otras naciones, como las nórdicas, que utilizaron combustibles fósiles en mayor proporción. Mientras que Dinamarca y Noruega dependen menos de los combustibles fósiles. En cuanto a la prueba de que existe un vínculo causal bidireccional entre el uso de la electricidad y la expansión económica, los resultados indican que para Malasia la relación causal entre la producción total, el consumo de electricidad, las exportaciones, la mano de obra y el capital en un modelo multivariante utilizando una serie de datos anuales de 1971 a 2006, existe una relación causal bidireccional de tipo Granger entre la producción total y el consumo de electricidad, señalan Lean & Smyth (2010).

Sadorsky (2011) estudió la utilización de la energía para decidir si causa importaciones o exportaciones en el sentido de Granger, razona que cualquier disminución de la utilización de la energía a partir de los enfoques de protección de la energía podría disminuir las exportaciones o las importaciones y estas a su vez las ventajas del intercambio comercial.

Por otro lado Shahbaz *et al.*, (2013) identificaron que existe causalidad unidireccional entre la actividad económica, la demanda de energía y las emisiones de carbono, respectivamente. Sin embargo, Ocal & Aslan (2013) no confirmaron la causalidad entre el consumo de energía renovable y las actividades económicas, mientras que Fotis & Polemis (2018) llegan a la conclusión de que los países nórdicos deben aumentar el consumo de energía renovable para combatir la degradación ambiental, lo que conduce al desarrollo sostenible.

Por su parte Brini *et al.*, (2017) en su estudio donde examinan el comportamiento del consumo de energías limpias para algunos países de Europa, muestran evidencia de que Dinamarca e Islandia fueron los principales países que consumieron energía renovable entre 1980 y 2011, a pesar de los subsidios gubernamentales aplicados en ese periodo por la Unión Europea. Además, en uno de sus principales hallazgos revelan la presencia de una relación bidireccional entre el consumo de energía renovable y el comercio internacional en el corto plazo para Túnez durante el período de 1980 al 2011.

En este sentido, Kasperowicz *et al.*, (2020) y Rabe *et al.*, (2020), coinciden en que gran parte de los modelos comerciales se están adaptando a este nuevo entorno para la adopción de energía renovable y las estructuras del mercado energético están evolucionando para permitir operaciones exitosas de sistemas de alta energía renovable.

Finalmente, M. Zhang *et al.*, (2021) investigaron los efectos de la apertura comercial sobre el consumo de energía renovable en 35 países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) durante el período comprendido entre 1999 y 2018. Sus principales hallazgos revelan la existencia de una relación fuertemente no lineal entre la apertura comercial y el consumo de energía renovable. Este mismo estudio realizó análisis para países específicos, por ejemplo, en el caso de México, las exportaciones y el comercio total mostraron una asociación más fuerte en el consumo de energía renovable, mientras que para Estados Unidos de América ejercen un menor impacto.

3.4.3 Modelos de crecimiento económico sostenible y comercio

Desde hace algunas décadas, el medio ambiente ha cobrado gran importancia en todos aquellos países que trabajan por su desarrollo económico, sobre todo al saber que crecimiento y desarrollo económico implica contar con los recursos naturales, en tanto que estos son indispensables para alcanzarlo (González et al., 2012). Para que las naciones logren alcanzar el crecimiento económico deben contar con recursos naturales para lograr precisamente el crecimiento económico sostenible.

En este sentido, el crecimiento del sector energético está indisolublemente ligado al desarrollo económico y social de México, ya que la energía es un insumo necesario para el funcionamiento de todos los sectores económicos, incluyendo la producción de manufacturas, el funcionamiento de establecimientos comerciales, servicios, fábricas y hogares, detallan Irastorza & Fernández (2010).

Muchos de los hallazgos revelan la identidad de la nueva forma de la economía internacional, donde se incluyan factores de medición respecto al impacto ambiental que se genera, no solamente en una economía donde se mida el impacto a los instrumentos financieros derivados de las operaciones de intercambio comercial (Carretero & García, 2012). El interés por lograr un desarrollo económico más sostenible ha sido parte del resultado de los altos índices contaminantes y de las afectaciones a los recursos naturales que se vive en la actualidad.

Puntualmente Shahbaz *et al.*, (2013) determinan evidencia empírica que confirma la relación a largo plazo entre las variables uso de energía, el desarrollo financiero, el capital, las exportaciones, las importaciones y el comercio internacional; las cuales, aseguran que tienen un impacto positivo en el crecimiento económico. Su análisis de causalidad de Granger reveló que la relación causal unidireccional va desde el uso de energía hasta el crecimiento económico.

Un estudio realizado para analizar los factores que impulsan el crecimiento y la supervivencia de las empresas ecológicas en los Estados de EUA., impulsado por Hongtao (2014) formuló un par de hipótesis sobre los impactos de las políticas de energía limpia y los incentivos fiscales, las condiciones del mercado laboral y los entornos económicos y políticos.

En su estudio, Hongtao realizó un análisis de regresión de efectos fijos con un conjunto de datos de panel de 48 estados continentales de 1998 a 2007 en Estados Unidos de América. Los resultados mostraron que “la adopción de *RPS* (Renewable Portfolio Standard) está asociada positivamente con la cantidad de negocios ecológicos”, además determinó que las Organizaciones no Gubernamentales (ONG) de energía limpia están asociadas positivamente con el crecimiento de las empresas verdes.

Posteriormente, Livas-García (2015) ejecutó un análisis de insumo-producto de energía con observaciones sobre el desarrollo sustentable en México por el periodo de 1970-2010, destaca que la energía es un elemento importante para el crecimiento y desarrollo como país, además de que su adecuada gestión puede contribuir a alcanzar criterios de sustentabilidad.

Advierte Campos (2017) que los supuestos beneficios proporcionados por sus paradigmas están siendo cuestionados a medida que el proceso de globalización atraviesa una grave crisis. La liberalización del comercio, la gestión de los déficits públicos y de la inflación, la reducción de los Estados y el dominio del mercado no han hecho más que agravar la pobreza y la concentración de la renta, frenando los avances políticos en materia de desarrollo económico sostenible.

Finalmente, González *et al.*, (2012) concluyen que cualquier país que desee avanzar económicamente debe tener en cuenta el uso de energías más limpias, y no únicamente aferrarse al crecimiento económico, esto con el propósito de cuidar los recursos naturales disponibles para el desarrollo de las futuras generaciones.

3.4.4 Modelos de comercio, degradación ambiental y cambio climático

La literatura muestra diversos estudios que analizan la relación entre estas variables y sus efectos desde varios enfoques. En la mayoría de los casos muestran la relación entre los indicadores ambientales (dióxido de carbono, gases de efecto invernadero, combustibles fósiles, etc.) y el desarrollo económico (PIB, comercio e inversión extranjera directa).

En este sentido, Robert & Grimes (1997) examinaron una muestra amplia con 147 países por el periodo de 1962 a 1991. Concluyen que la relación entre las emisiones de CO₂ por unidad de PIB y nivel de desarrollo económico era esencialmente lineal en 1962, y en 1991 había pasado a ser fuertemente curvilínea. Mientras que McCarney & Adamowicz (2005) utilizando la relación entre la apertura comercial y las emisiones de CO₂ empleando datos de panel de 143 países entre 1976 y 2000. Sus conclusiones muestran que, a medida que el comercio se abre, las emisiones de CO₂ aumentan drásticamente.

Por su parte Managi (2005) examinó la relación entre las aperturas comerciales y los niveles de emisiones de CO₂ utilizando datos de 63 países industrializados y en desarrollo entre 1960 y 1999. Sus conclusiones demuestran que una mayor apertura comercial daría lugar a mayores emisiones contaminantes a la atmósfera.

Una de las principales teorías que se han analizado para diversos países del mundo tiene que ver con la medición del grado de apertura del comercio o su impacto dentro del PIB. Estos modelos examinan la forma en que repercute un incremento de la producción de emisiones contaminantes que se generan de ese aumento McCarney & Adamowicz (2005); Cole & Elliott (2003); Frankel & Rose (2005); Managi (2005); Robert & Grimes (1997).

En su estudio de 2005, McCarney y Adamowicz examinaron la relación entre la apertura comercial y las emisiones de CO₂ utilizando datos de panel para 143 países entre 1976

y 2000. Sus conclusiones sugieren que las emisiones aumentan considerablemente a medida que el comercio se vuelve más abierto. Cole y Elliott (2003) analizaron el impacto de la apertura comercial en cuatro indicadores medioambientales, incluidas las emisiones de CO₂. Los datos que utilizaron para esta variable fueron los de 32 países desarrollados y en vías de desarrollo entre 1975 y 1995.

Según ambos modelos, existe una mayor probabilidad de que las emisiones de CO₂ aumenten a medida que se incrementa la apertura comercial como resultado de un efecto de escala creciente. El impacto de la composición fue igualmente ventajoso para el país mediano de su muestra, aumentando el comercio en un 1 por ciento.

Por su parte, Urrieta (2017) empleó un estudio para analizar el crecimiento económico y la contaminación del aire en México por el periodo de 1980 al 2012, basado en el proceso de la curva ambiental de Kuznets. Se utilizaron modelos de datos de panel para generar las variables de la investigación, que incluían, por un lado, el PIB per cápita como medida de crecimiento económico y, por otro, el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso a nivel per cápita como factores que contribuyen a la contaminación atmosférica.

Llegaron a la conclusión de que, dada la importancia de su vínculo, el comportamiento del dióxido de carbono con respecto a sus variables independientes es un nexo de uno a uno, es decir, a medida que el PIB per cápita aumenta, la producción de dióxido de carbono se expande. A partir de esta correlación se demuestra que la contaminación del aire en México está directamente ligada a la actividad comercial Urrieta Cruz (2017).

Los estudios empíricos recientes sobre la asociación dinámica entre la demanda de energía, la calidad ambiental y el comercio internacional, en algunos casos se dice que son mixtos. Por ejemplo, una conexión causal bidireccional entre las emisiones de CO₂ y la energía es revelada por Liu *et al.*, (2019) . Mientras que X. Lin *et al.*, (2020) modelaron los efectos de la economía y las emisiones de CO₂ de las estructuras energéticas para algunos países y regiones del mundo; sus pruebas destacan que el creciente fenómeno

del calentamiento global es causado por las grandes emisiones de dióxido de carbono proveniente de la industria, lo que genera un enorme impacto en el desarrollo económico y social sostenible en el mundo, además señalan que las emisiones de CO₂ provienen principalmente de la quema de energía fósil, como el petróleo, el gas natural y el carbón.

Así mismo, Zeti *et al.*, (2019) encontraron que la demanda de energía y el crecimiento económico son factores que no favorecen a la sostenibilidad ambiental, por lo tanto, no permiten el que el desarrollo económico sostenible llegue a consumarse progresivamente, para el logro de los objetivos mundiales en materia de mejoramiento al medio ambiente.

Este análisis determina que la eficiencia general de los países y regiones desarrollados es mayor que la de los países en desarrollo, debido a la configuración óptima de las variables de holgura de los insumos y la salida indeseable; los valores de eficiencia de algunos países y regiones ineficientes pueden mejorarse en gran medida; por lo tanto, sugieren que se puede mejorar la eficiencia energética de países o regiones ineficientes X. Lin *et al.*, (2020). Mientras que Kasman & Duman (2015) muestran que las emisiones de CO₂ tienen causalidad con los indicadores económicos.

Por su parte, Gómez & Rodríguez (2020) analizaron la curva ambiental de Kuznets (ekc) para los países del TLCAN durante el periodo de 1971-2014, en el que señalan que la energía renovable y la apertura comercial contribuyen a la reducción de la contaminación de la región, por lo que sus efectos no generan una relación negativa entre estas variables. Sus conclusiones determinan que las políticas de apertura comercial y las energías renovables podrían ayudar a reducir las emisiones contaminantes en estos países.

Mientras que Khan, Zhang, *et al.*, (2020) sostienen que el comercio internacional y la atmósfera ecológica se correlacionan inversamente debido al mayor consumo de combustibles fósiles para el desarrollo industrial, lo que provoca una mala calidad

ambiental. En otro de sus estudios Zhang *et al.*, (2019) consideraron que la adopción de recursos energéticos renovables es una opción para equilibrar la sostenibilidad ecoambiental, fuertemente asociada a la preservación de los recursos naturales.

Según los datos de Khan, *et al.*, (2020) en el que revelan que se han ejecutado instrumentos para mitigar la contaminación ambiental a nivel mundial, sus resultados determinaron que existe falta de seriedad por parte de los organismos gubernamentales, aunado a un bajo interés por parte de la sociedad por conocer los efectos que provoca la globalización. Mientras que Khan, Yu, *et al.*, (2020) tras su interés por conocer el papel que juegan las energías renovables en el crecimiento económico y la sostenibilidad ambiental, afirmaron que esta línea de investigación se ha convertido en un campo muy apreciado en la economía energética y del medio ambiente, por lo que concluyen en que algunos de los modelos que se han aplicado con éxito en otros países, deberían multiplicarse en otros con mayor celeridad.

Por otro lado, Bai *et al.*, (2020) sugieren que la contaminación del medio ambiente es una de las causantes primordiales que evitan el crecimiento económico a largo plazo, ya que para lograr una transformación económica sustentable, los países necesitan desarrollar con urgencia tecnologías de energía renovable para combatir la degradación ambiental.

CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA: MODELO ECONOMETRICO DE DATOS PANEL

En el presente capítulo se da a conocer la metodología empleada para determinar los efectos del consumo de energía renovable, demanda de energía eléctrica, crecimiento económico sostenible, emisiones de CO₂ en el comercio internacional de los países de América del Norte, para el periodo 1989-2019. Para estimar la relación entre estas variables se utiliza el análisis de datos panel.

4.1. Análisis de datos panel

4.1.1 Concepto de econometría

Con el fin de proyectar el alcance tan amplio que desempeña esta disciplina para la economía, se señalan tres de los conceptos más relevantes que han sido aportados por algunos de los grandes estudiosos de este campo.

“Medición económica” (Gujarati & Porter, 2010).

“La econometría, es el resultado de cierta perspectiva sobre el papel que desempeña la economía, consiste en la aplicación de la estadística matemática a los datos económicos para dar soporte empírico a los modelos construidos por la economía matemática y obtener resultados numéricos” (Tintner, 1968).

[. . .] “la econometría puede definirse como el análisis cuantitativo de fenómenos económicos reales, basados en el desarrollo simultáneo de la teoría y la observación, relacionados mediante métodos apropiados de inferencia” (Samuelson et al., 1954).

El enfoque que establece la econometría es bastante amplio y provee la posibilidad de emplear y diseñar modelos basados en la teoría y la ciencia, con el fin de dar soporte a ciertos fenómenos económicos de carácter cuantitativo.

4.1.2 Justificación para la aplicación de un modelo econométrico

La teoría y la práctica de la inferencia estadística sirven de puente en el enfoque de la investigación econométrica, que pretende aunar la teoría económica y la medición real, señala Haveelmo (1944). Por lo tanto, una de las características que distinguen a la teoría económica de la inferencia estadística, es el sustento empírico que se determina mediante estimaciones numéricas, y estas a su vez, expresan la esencia de la econometría.

Por su parte, Ruiz (2016) identifica dos presunciones fundamentales que deben cumplirse para utilizar un modelo econométrico en un estudio científico. En primer lugar, defiende que la estimación y evaluación de las relaciones causales o de correlación en los datos mediante modelos específicos constituye la base del análisis econométrico desde un punto de vista empírico. En segundo lugar, estadísticamente afirma que la investigación de panel permite la estimación econométrica de los atributos de las series temporales y los datos transversales.

Además, Hsiao (2003) indica que la estimación econométrica aumenta la posibilidad de modelar hipótesis de comportamiento más realistas y emplear metodologías más rígidas y desafiantes, de esta forma, y con la creciente disponibilidad de datos estadísticos, se mejora la capacidad de establecer modelos econométricos.

Los supuestos y hechos que dictan o reflejan el fenómeno de interés desempeñan características importantes en la construcción de estos modelos. Por lo tanto, se estima que al establecer una serie de preguntas y objetivos de investigación, además de la formulación de hipótesis de naturaleza cuantitativa, se necesita de un modelo econométrico para proporcionar una medida numérica que aporte un sustento empírico para la estimación de este estudio.

4.1.3 Objetivos del análisis econométrico

Tomando como base los lineamientos de la metodología econométrica tradicional, que aportan Gujarati & Porter (2010), otros autores¹² coinciden en que la finalidad del análisis econométrico se centra en tres puntos principales:

- La evaluación o pruebas de hipótesis.
- El pronóstico o predicción de fenómenos.
- El abastecimiento de elementos para tomar decisiones.

En este sentido, los resultados del planteamiento de un modelo econométrico, sugieren una aproximación razonable de la realidad, que se determina mediante la inferencia estadística o las pruebas de hipótesis; para ello, se deberán identificar los criterios aceptables para determinar si los valores estimados cumplen o están de acuerdo con las predicciones de la teoría bajo prueba.

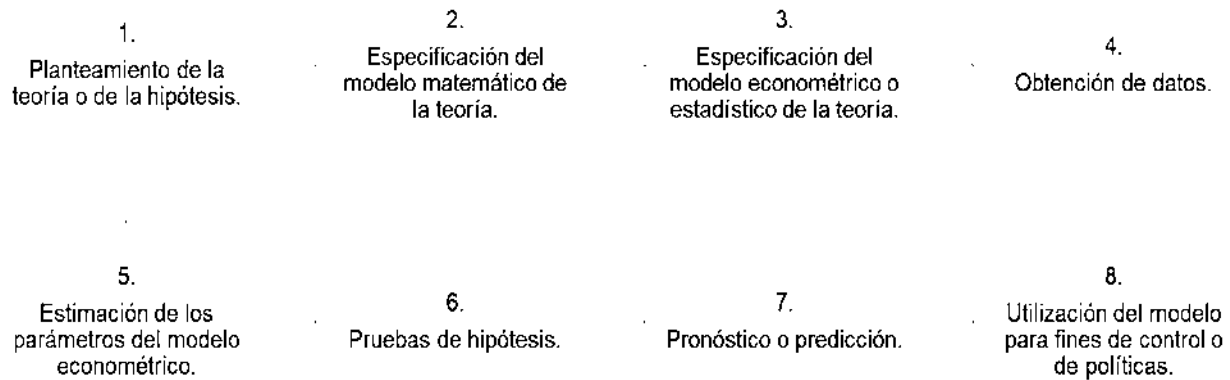
En términos generales Stock & Watson (2012) señalan que el objetivo del pronóstico o predicción de fenómenos se centra en medir el futuro con base en el pasado; es decir, servirá para predecir los valores futuros esperados de las variables dependiente y explicativas. Finalmente, argumentan que tales valores proveerán de elementos para determinar las elecciones del gobierno o de las empresas para las cuales se plantea el modelo.

4.1.4 Lineamientos de la metodología econométrica

Según Gujarati *et al.*, (2017) describen que la metodología econométrica tradicional se ajusta a los siguientes lineamientos:

¹² Stock, J & Watson, M. (2012). *Introducción a la Econometría*. Pearson, tercera edición. Madrid.
Ruiz, A. (2016). *La investigación econométrica mediante Paneles de datos: Historia, modelos y usos en México*. Economía y Política”, Año XII, vol.2.

Figura 2. Estructura para el planteamiento de los modelos econométricos.



Fuente: Elaboración propia con base en Gujarati & Porter (2010).

Las ocho etapas de la metodología econométrica clásica para la creación de modelos econométricos que se muestra en la figura anterior, sirven para comprobar cualquiera de las hipótesis que tratan de resolver los problemas económicos; sin embargo, Gujarati & Porter (2010) así como Wooldridge (2016) coinciden en que una de las etapas más importantes se centra en el punto siete, en el que el pronóstico y predicción conforma una de las partes más importantes de un modelo bien especificado. Mientras que para Baltagi (2013) se debe tener especial cuidado y mayor énfasis en los puntos cinco y seis.

No obstante, para obtener un modelo econométrico con resultados estadísticamente significativos, se sugiere observar cuidadosamente cada una de las etapas que se sugieren en el esquema anterior.

4.2. Selección del modelo y muestra

Uno de los aspectos de mayor relevancia para llevar a cabo una investigación científica, es la selección del modelo para ejecutar la medición de las variables. Para efectuar la estimación econométrica del modelo de datos de panel que se plantea en este documento, se sugiere un modelo estático empleando una base de datos mixta de serie temporal y de corte transversal, conformada por 31 periodos de análisis (años) de 1989

al 2019, y 3 secciones cruzadas (países) respecto de México, Estados Unidos de América y Canadá.

4.3. Estudio de datos de panel

Para llevar a cabo el análisis de los datos de tipo panel o longitudinales, es indispensable que las variables cuenten con características específicas de medición y recopilación. La naturaleza de los datos para el análisis de regresión, debe ser de información combinada; es decir, observaciones de series de tiempo y de corte transversal.

Los datos de panel estudian la misma unidad transversal a lo largo del tiempo, como una familia, una empresa o un estado. En este tipo de modelo está la dimensión del espacio y la del tiempo (Gujarati *et al.*, 2017). Uno de estos aspectos es el análisis de series temporales. En este tipo de estudio, el elemento o la unidad de muestreo no es el tiempo, sino las unidades de análisis en lugar de variables específicas o unidades de estudio durante un periodo determinado.

Por su parte, Hsiao (2014) describe que un conjunto de datos longitudinal o de datos de panel es aquel que sigue a una muestra determinada de individuos a lo largo del tiempo, y por lo tanto proporciona múltiples observaciones sobre cada individuo de la muestra. En conclusión, cada período de tiempo sirve como población base del estudio de panel y/o elemento de la muestra.

Dado que esta heterogeneidad no puede descubrirse utilizando series temporales o investigaciones transversales, el principal objetivo de la utilización y el estudio de los datos de panel es capturar la heterogeneidad inobservable, tanto entre los actores económicos o agentes del estudio como a lo largo del tiempo, según Baronio & Vianco (2014). Por tanto, al incluir el componente temporal de los datos, este método permite un análisis más dinámico, que enriquece el estudio en particular durante los momentos de cambio significativo.

Finalmente, *“al combinar las series de tiempo con las observaciones de corte transversal, los datos de panel proporcionan una mayor cantidad de datos informativos, más variabilidad, menos colinealidad entre variables, más grados de libertad y una mayor eficiencia”* (Baltagi, 2013). En este sentido, las observaciones de corte transversal que se emplean en el modelo, resultan de la combinación de las series de tiempo empleadas, y de esta forma se obtienen una mayor cantidad de datos y se amplía la viabilidad del estudio.

4.3.1 Clasificación según la estimación de los modelos de datos panel

Hsiao (2014) determina que estos modelos son clasificados en *estáticos* y *dinámicos* con base en la tipología tradicional de la econometría. No obstante, en la literatura existen otros tipos de clasificaciones o denominaciones por parte de otros autores; sin embargo, para este efecto se tomará la clasificación antes citada.

4.3.1.1 Modelos estáticos

“Los modelos estáticos son aquellos donde no hay una dependencia explícita de la variable dependiente con respecto al tiempo. Estos modelos incluyen a aquellos con efectos fijos y aleatorios” (Hsiao, 2014).

4.3.1.2 Modelos dinámicos

“Los modelos dinámicos son aquellos en donde existe dependencia de la variable dependiente debido a efectos correlacionados en el tiempo” (Hsiao, 2014).

4.3.2 Ventajas del uso de datos panel

Un conjunto de datos de panel para la investigación económica posee varias ventajas importantes sobre conjuntos de datos convencionales transversales o de series de tiempo, asegura Hsiao (2014). La literatura muestra una serie de ventajas para desarrollar

modelos econométricos mediante la metodología de datos de panel; sin embargo, se señalan las tres más relevantes.

1. Mayor grado de inferencia de los parámetros del modelo. El gran número de puntos de datos que proporcionan los datos de panel suele aumentar los grados de libertad y disminuir la colinealidad entre los factores explicativos, lo que aumenta la precisión de las estimaciones econométricas.
2. Mayor capacidad para crear teorías de comportamiento más plausibles. Los datos transversales o los conjuntos de datos de series temporales por sí solos son incapaces de responder a una serie de preocupaciones económicas cruciales, pero los datos longitudinales combinan la dinámica de las varianzas interindividuales e intraindividuales.
3. Controlar el impacto de las variables omitidas (o la heterogeneidad individual o temporal). El uso de datos de panel proporciona un medio para resolver o reducir la magnitud de un problema econométrico clave que a menudo surge en estudios empíricos; es decir, la afirmación que se escucha a menudo de que la verdadera razón que se encuentra (o no se encuentra) en ciertos efectos, se debe a la omisión de variables que se correlacionan.

En conclusión, es claro que al emplear la técnica de datos de panel permite obtener una mayor cantidad de datos en el modelo econométrico; estas observaciones son aptas para analizar modelos de comportamiento más complejos. Además proporcionan más variabilidad, una mayor eficiencia, más grados de libertad y una menor colinealidad entre las variables que contribuyen a una inferencia estadística más precisa.

4.4. Instrumentos de medición

En este apartado se dan a conocer los instrumentos de medición de las variables y sus efectos mediante el modelo econométrico planteado.

4.4.1 Análisis de regresión múltiple

Se plantea un análisis de regresión múltiple con el fin de detectar las interacciones entre las variables explicativas que afectan a la variable dependiente. Gujarati *et al.*, (2017) describe que en los modelos de regresión múltiple, la variable dependiente depende de dos o más variables explicativas o es una función de ellas.

La ecuación general para llevar a cabo este análisis se plantea en el apartado 4.7 de este documento.

4.4.2 Análisis de cointegración

Cuando dos o más series comparten la misma tendencia estocástica, se dice que hay cointegración. La existencia de asociaciones a largo plazo entre los datos de las series temporales puede descubrirse mediante un análisis de regresión, señalan Stock & Watson (2012).

Engle & Granger (1983) explican que para detectar cointegración, se debe analizar la estimación de los coeficientes de las regresiones que relacionan a las variables cointegradas. En este sentido, si se supone que Y_t y X_t , son integradas de orden uno. Si, para algún coeficiente θ , $Y_t - \theta X_t$, es integrada de orden cero, entonces Y_t y X_t , se dice que están cointegradas. Para este caso, el coeficiente θ se denomina *coeficiente de cointegración*. Por lo tanto, si Y_t y X_t se dice que están *cointegradas*, entonces tienen la misma, o común, tendencia aleatoria. Calculando la diferencia $Y_t - \theta X_t$, se elimina esta tendencia estocástica común.

Se supone que el enfoque de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) se utiliza para estimar una ecuación estática (conocida como regresión de cointegración) en la que todas las variables se declaran en el tiempo t , de acuerdo con el procedimiento de cointegración propuesto por Engle & Granger (1983). Los parámetros estadísticos deben ser significativos, y entonces es necesario evaluar los residuos de la regresión de

cointegración. Se podría decir que las series originales mantienen una relación estable o de equilibrio a largo plazo y están cointegradas si éstas siguen un proceso estacionario Brugger (2010).

En resumen, Stock & Watson (2012) estiman que la probabilidad de que dos o más series temporales con tendencias estocásticas se desarrollen muy cerca en el tiempo, dando la impresión de que comparten una tendencia similar. En otras palabras, la cointegración se refiere al estado de dos o más series que tienen una tendencia estocástica compartida.

4.4.3 Mecanismo de corrección de errores

Señalan Gujarati *et al.*, (2017) que es probable que haya periodos de desequilibrio a corto plazo con respecto a la relación a largo plazo al estimar una ecuación a largo plazo. El Mecanismo de Corrección de Errores (MCE), una medida de desviación del equilibrio, puede utilizarse con este fin. Con esta especificación econométrica, se puede combinar el análisis del equilibrio a largo plazo y la dinámica de ajuste a corto plazo.

Por su parte Brugger (2010) explica que el principio fundamental de estos modelos es que las variables económicas tienen una conexión de equilibrio a largo plazo, pero que puede haber desequilibrios a corto plazo. Mediante cambios parciales en el corto plazo los modelos de corrección de errores corrigen gradualmente una parte del desequilibrio de un período (el error, percibido como una divergencia de la trayectoria de equilibrio a largo plazo).

El hecho de que las variables estén cointegradas considera la existencia de un proceso de ajuste que evita que los errores crezcan en el largo plazo (Gujarati & Porter, 2010). El Teorema de Representación de Granger, determina que al mostrar cointegración entre las series es viable aplicar el MCE mediante la siguiente función:

$$\Delta Y_t = \beta_1 \Delta X_t + \beta_2 U_{t-1} + \varepsilon_t$$

Donde:

Y = variable dependiente.

X = variable explicativa.

U = residuales de la estimación original.

ε = residuos generados de la ecuación del MCE.

β_2 = indica la magnitud del ajuste de cada periodo de la endógena respecto a su valor de largo plazo o, en forma más intuitiva, recoge el ajuste hacia el equilibrio de largo plazo.

4.4.4 Alternativas de especificación de datos de panel a partir del modelo general

Baronio & Vianco (2014) señalan que en el caso de que no haya heterogeneidad inobservable en el sistema de datos de panel, se utiliza el enfoque MCO, que tiene la ventaja de adquirir grados de libertad. Se trata de otra especificación alternativa.

Para evitar el problema del sesgo en los estimadores de los parámetros de las variables explicativas que se cometería si se utiliza esta especificación, se debe buscar una especificación que capte la heterogeneidad inobservable que existe a lo largo del tiempo, entre las unidades de estudio “individuos” o en ambas direcciones en los casos en que se rechaza la hipótesis de homogeneidad en un sistema de datos de panel.

En la bibliografía se presentan otros dos enfoques para estimar los modelos de datos de panel: el modelo de efectos fijos, que ajusta los cambios con variables ficticias en esta situación, y el modelo de efectos aleatorios, que trata de captar estas variaciones a través del componente aleatorio del modelo. El modelo de efectos fijos tiene en cuenta la posibilidad de que los factores omitidos puedan afectar a los interceptos a lo largo del tiempo o entre unidades transversales.

La utilización de los modelos de intercepción de variables es uno de los métodos más utilizados para tener en cuenta esta heterogeneidad. Como resultado, mientras que la ordenada en el origen es única para cada una de las unidades o sujetos investigados, el

modelo lineal es el mismo para todos ellos. El modelo general plantea la siguiente ecuación:

$$Y_{it} = a_i + b_1X_{1it} + b_2X_{2it} + \dots b_kX_{kit} + U_{it}; \quad \text{con } i = 1, \dots, n \text{ y } t = 1, \dots, T$$

La premisa fundamental de estos modelos es que los efectos de todos los factores ausentes pueden representarse de una de las tres maneras siguientes, dependiendo de las variables explicativas observables:

1. Una variable por persona, que no cambia con el tiempo: se trata de variables que permanecen constantes a lo largo del tiempo para cada unidad transversal.
2. Una variable por periodo pero no variable entre individuos.
3. Una variable que se modifica en el tiempo y para cada individuo: son variables que varían para cada individuo en un momento determinado y que también varían en el tiempo.

En conclusión, estos modelos de intercepción de variables presuntamente ignoran cualquier efecto de las variables que faltan, independientemente de si son específicas para el individuo o el tiempo.

4.5. Pruebas de validación del modelo

4.5.1 Pruebas de raíz unitaria

Hsiao (2014) afirma que es común demostrar si las series son estacionarias. Estas pruebas con frecuencia son llamadas pruebas de raíz unitaria.

Explica Wooldridge (2016) que una característica que no limita a las variables macroeconómicas es su crecimiento, y con menos frecuencia, pueden decrecer a lo largo del tiempo. Ejemplos de variables no estacionarias son las que crecen con el tiempo.

También hay ciertas series que no crecen con el tiempo, pero que, sin embargo, las innovaciones tienen un impacto. Ambas son no estacionarias.

Mientras que Verbeek (2004) señala que hay una serie de métodos en la literatura econométrica que pretenden comparar la alternativa de estacionariedad conjunta con la hipótesis nula de que cada observación, ya sea de series temporales o de panel, presenta perturbaciones integradas. Sus observaciones demuestran que las pruebas para datos de panel pueden tener más potencia que las pruebas realizadas a cada individuo por separado porque la hipótesis nula de no estacionariedad pone un límite de dimensión transversal a los coeficientes de correlación parcial de primer orden.

En este sentido, y conforme a la naturaleza de los datos de panel, para determinar el orden de integración y examinar la estacionariedad de las series de tiempo empleadas, se aplican las pruebas de raíz unitaria como en Levin, Lin & Chu de Levin *et al.*, 2002; Breitung, 2000; Im Pesaran & Shin de IM *et al.*, 2003; Fisher tipo Dickey & Fuller, 1979; Dickey & Fuller, 1981 propuesta por Maddala & Wu, 1999 y Fisher tipo Phillips & Perron 1988. Al tratarse de pruebas de raíz unitaria aplicadas a series de tiempo para datos de panel, estas pruebas se basan en las pruebas de raíz unitaria para este tipo de modelos de Dickey & Fuller, 1979;1981; Phillips & Perron, 1988; y otros como Kwiatkowski *et al.*, 1992.

Estas pruebas de raíz unitaria para datos de panel hacen sugerencias para mejorar las cualidades del estimador y para abordar la heterogeneidad no observada que existe en estos modelos.

Por su parte las pruebas propuestas por LLC (2002), Breitung (2000), IPS (2003), Maddala y Wu (1999), proponen como hipótesis nula que la serie muestra presencia de raíz unitaria. Estas pruebas se basan en la siguiente especificación:

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + \gamma_i y_{it-1} + \delta_{it} + \sum_{p=1}^p \beta_p \Delta y_{it-1} + u_{it}$$

donde (y_{it}) : es la serie de tiempo observada para cada individuo en el periodo de tiempo $u_{it} \sim iidN(0, \sigma^2)$.

4.5.2 Estacionariedad

La distribución de probabilidad sigue siendo la misma si las variables se toman y se mueven a través del tiempo en un proceso de serie temporal estacionaria, que tiene distribuciones estables en el tiempo, señala Wooldridge (2016). Mientras que Gujarati & Porter (2010) mencionan que para que estas tres nociones permanezcan constantes independientemente del tiempo de medición, y la definen como *“la presencia de constancia en la varianza y la media a lo largo del tiempo, y que la covarianza depende del desfase entre estos dos periodos y no del momento en que se determinó la varianza”* (Gujarati & Porter, 2010).

Verbeek (2004) asegura que las propiedades y técnicas estándar de las pruebas de estimación presuponen que Y_{it} y X_{it} son variables estacionarias; sin embargo, los datos de las series temporales suelen ser no estacionarios, lo que denota que su valor medio cambia con el tiempo. Como resultado, puede existir un sesgo en las relaciones entre las variables no estacionarias y, sin embargo, tener errores estándar bajos y un valor R^2 muy alto. Finalmente, Gujarati *et al.*, (2017) concluyen en que es probable que sea imposible determinar si las variables no estacionarias están conectadas o si su apariencia de relación es sólo una coincidencia.

4.5.3 Prueba de cointegración

De acuerdo con los métodos para la prueba de cointegración de las series, Pesaran *et al.*, (2001), consideran que si los coeficientes entre las variables de rezago 1 (nivel) caen

en conjunto por encima del valor crítico del límite superior, esto implica que existe una relación de cointegración de largo plazo entre las variables. Su modelo se determina por la siguiente ecuación:

$$\Delta z_t = a_0 + a_1 trend + \pi z_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \forall_i \Delta z_{t-1} + \varepsilon_t$$

donde:

$\Delta = 1 - L$ es el operador de diferencia

$z_t = f(y_t, x_t)$

ε_t = términos de perturbación estocástica en el tiempo, asumen *i.i.d* $\sim N(0, \sigma)$ ¹³

Pesaran *et al.*, (2001) explican que si el valor del estadístico para probar la existencia de cointegración a largo plazo de las series, enfatizan en probar si $CointeQ1 < -0.05$ se rechaza la hipótesis nula de igualdad al 95 por ciento de confianza, y 5 por ciento de significancia; entonces, se dice que existe una relación de cointegración a largo plazo entre las variables.

4.5.4 Prueba de causalidad en el sentido de Granger de Dumitrescu & Hurlin

Gujarati & Porter (2010) subrayan el hecho de que nunca se puede establecer una relación causal entre variables, por muy fuerte y sugerente que sea. Lo cual sugiere que una relación de dependencia no implica causalidad.

La prueba de causalidad de Granger (1969) para datos de panel, fue inicialmente propuesta por Holtz-Eakin, Newey & Rosen (1988). En su planteamiento de hipótesis

¹³ (iid) como términos independientes e idénticamente distribuidos.

nula, suponen que X causa a Y para todos los individuos, partiendo del modelo con efectos fijos:

$$y_{it} = \alpha_i + \sum_{p=1}^p \varphi_i(p) y_{i,t-k} + \sum_{p=1}^p \theta_t(p) x_{it} + \varepsilon_{it}$$

No obstante, este método hace referencia a que los coeficientes $\theta_t(p)$ son iguales a través de las observaciones cruzadas, en todos los individuos. Posteriormente, Dumitrescu & Hurlin (2012) hacen referencia para tomar en consideración algunas características acerca de este método para probar causalidad en modelos de datos panel.

$$\theta_i^{(1)} \neq \theta_j^{(1)}, \theta_i^{(2)} \neq \theta_j^{(2)} = \dots = \theta_i^{(p)} \neq \theta_j^{(p)} \forall i, j.$$

Dumitrescu & Hurlin (2012) hicieron una modificación permitiendo que todos los coeficientes variaran entre individuos. Este planteamiento se conoce como la hipótesis de no causalidad homogénea, según Campo & Mendoza (2018) quienes concluyen que Dumitrescu & Hurlin (2012) recomiendan utilizar el estadístico $Wbar$, que es la media de los resultados de las regresiones de causalidad de Granger estándar utilizadas para construir esta prueba. También demuestran que el estadístico $Zbar$ tiene una distribución normal y es la contrapartida estandarizada del estadístico $Wbar$ ponderado en un panel no equilibrado.

4.6. Selección de variables para la estimación de los parámetros del modelo

Para llevar a cabo la investigación se realizó una tabla de frecuencia y se identificaron cinco variables para la especificación del modelo; una dependiente y cuatro explicativas.

Variable dependiente

Comercio internacional (*IT*)

Variables explicativas

Energía renovable (*REC*)

Demanda de energía eléctrica (*ED*)

Crecimiento económico sostenible (*SEG*)

Emisiones de CO₂ (*CDE*)

4.6.1 Descripción de las variables del modelo

La Tabla 3 contiene la composición y descripción de cada variable seleccionada.

Tabla 3. Descripción de la variable dependiente y las explicativas.

Tipo	Variable	Abre- viatura	Descripción	Estándar de medición
Variable dependiente	Comercio internacional	<i>IT</i>	<i>International Trade.</i> “Conjunto de transacciones comerciales realizadas entre las naciones”. Fuente: OMC, 2021.	% Importaciones + % Exportaciones
Variabes explicativas	Consumo de energía renovable	<i>REC</i>	<i>Renewable Energy.</i> “Se crean en un flujo continuo y se disipan a través de ciclos naturales que se estima son inagotables”. Fuente: IEA, 2020.	% del consumo total de energía final
	Demanda de energía eléctrica	<i>ED</i>	<i>Energy Demand.</i> “El consumo de energía eléctrica mide la producción de las centrales eléctricas y de las plantas de cogeneración menos las pérdidas ocurridas en la transmisión, distribución y transformación y el consumo propio de las plantas de cogeneración”. Fuente: Banco mundial, 2016.	Consumo de energía KWh (per cápita). Kilovatio-hora
	Crecimiento económico sostenible	<i>SEG</i>	<i>Sustainable Economic Growth.</i> “Es el aumento de la renta o valor de bienes y servicios finales producidos por una economía en un periodo determinado, haciendo uso de recursos sostenibles que no tienen efectos negativos sobre la naturaleza, el clima y la salud humana”. Fuente: ONU, 2022.	Gasto en investigación y desarrollo (% sobre PIB anual)
	Emisiones de CO ₂	<i>CDE</i>	<i>Carbon Dioxide; CO₂ emissions.</i> “Las que provienen de la quema de combustibles fósiles y de la fabricación del cemento. Incluyen el dióxido de carbono producido durante el consumo de combustibles sólidos, líquidos, gaseosos y de la quema de gas”. Fuente: Banco Mundial, 2020.	Emisiones de CO ₂ totales (kt métricos)

Fuente: Elaboración propia con base en la revisión de literatura, 2021.

4.7. Modelo econométrico

Principalmente se realiza un análisis de regresión múltiple, con el fin de identificar los efectos entre las variables explicativas que afectan a la variable dependiente. Además, para determinar la relación positiva o negativa que existe entre las variables, se lleva a cabo un análisis de correlación lineal de Pearson, con el fin de medir la fuerza y cuantificar el grado de asociación lineal entre cada una de las regresoras sobre la dependiente.

En los modelos de regresión múltiple, Gujarati & Porter (2010) refieren que la variable dependiente, está en función o depende de dos o más variables explicativas y se expresan de la siguiente manera:

$$IT = \beta_1 REC + \beta_2 ED + \beta_3 SEG + \beta_4 CDE + u_i$$

Donde:

IT : Variable dependiente.

REC, ED, SEG, CDE : Variables explicativas.

β_1 : Representa el efecto medio o promedio sobre r de todas las variables excluidas del modelo, aunque su interpretación mecánica sea el valor promedio de Y cuando todas las variables explicativas [X_n] se igualan a cero.

β_2, β_3 y β_4 : Son los coeficientes de regresión parcial o coeficientes parciales dependientes. Miden el cambio en el valor de la media de Y , por unidad de cambio en una variable regresora o independiente, manteniendo todas las demás constantes.

u_i : Es el término de perturbación estocástica referido a distintos momentos del tiempo o unidades económicas. Representa el efecto conjunto de otras variables no incluidas explícitamente en el modelo, cuyo efecto individual sobre la variable regresada no es significativo.

4.8. Sistematización de los datos

Una vez elegidas las variables dependiente y explicativas, y recopilados los datos necesarios para el desarrollo del estudio; se especifican los instrumentos de medición de las series en el paquete estadístico EViews. Posteriormente, se aplican las pruebas de validación del modelo de la sección 4.5 de este documento, y por último, mediante la teoría económica y con base en la inferencia estadística se comprueba el mejor ajuste de los datos para llevar a cabo las pruebas de hipótesis.

CAPÍTULO V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se dan a conocer los resultados de la aplicación del modelo econométrico planteado. Una vez aplicadas las pruebas para la validación del modelo, se realiza el mejor ajuste de los datos y se lleva a cabo el análisis e interpretación de los resultados así como las pruebas de hipótesis.

5.1. Recolección y procesamiento preliminar de los datos

Tabla 4. Fuentes de datos.

Abreviatura	Variables	Medición	Fuente
<i>IT</i>	Comercio internacional	% PIB Importaciones + % PIB Exportaciones = % del PIB	Banco Mundial (2021).
<i>REC</i>	Consumo de energía renovable	% del consumo total de energía final	IEA (2021).
<i>ED</i>	Demanda de energía eléctrica	Consumo de energía (kWh per cápita)	Banco Mundial (2021).
<i>SEG</i>	Crecimiento económico sostenible	Gasto en investigación y desarrollo (% sobre PIB anual)	Banco Mundial (2021).
<i>CDE</i>	Emisiones de CO ₂	Emisiones de CO ₂ totales (kt métricos)	Banco Mundial (2021).

Fuente: Elaboración propia con base en la recopilación de los datos, 2021.

La Tabla 4 muestra una descripción detallada de las variables acerca de su estándar de medición y las fuentes de consulta de donde se obtuvieron las bases de datos de la muestra.

Tabla 5. Estadísticos descriptivos, análisis por variable individual.

Abre- viatura	Variable	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Desv. Estándar
<i>IT</i>	Comercio internacional	48.40915	50.61797	19.41513	82.76536	19.8086
<i>REC</i>	Energía renovable	13.09808	10.30670	4.088641	22.76990	6.747159
<i>ED</i>	Demanda de energía eléctrica	10265.50	12964.19	1185.040	17264.74	6187.729
<i>SEG</i>	Crecimiento económico sostenible	0.615777	0.313886	0.000000	11.55746	1.290483
<i>CDE</i>	Emisiones de CO ₂	2065182	525470.0	267700.0	5776410	2296794

Fuente: Elaboración propia con EViews 11, 2021.

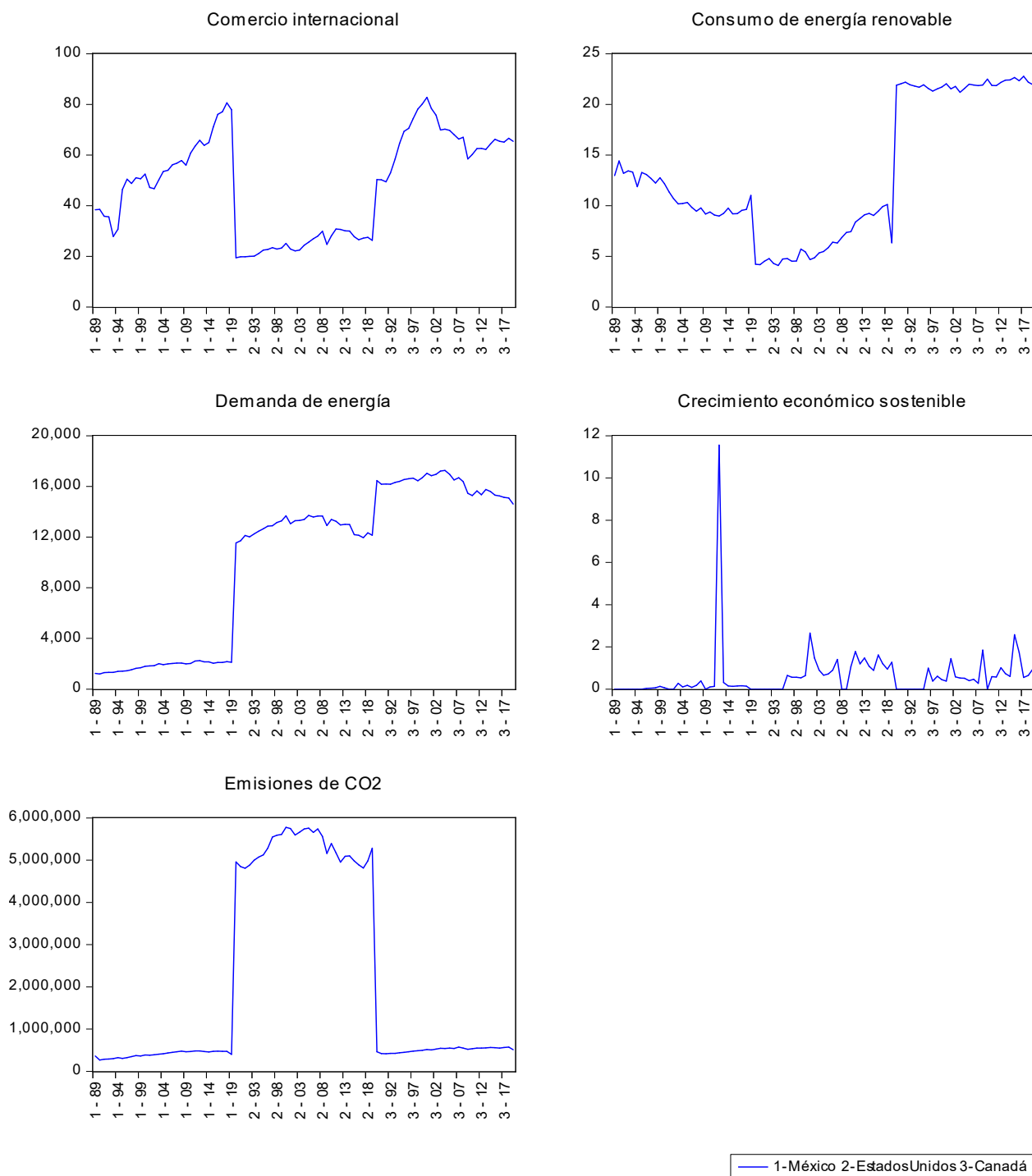
De forma general, los datos de la Tabla 5 proporcionan un resumen numérico práctico para llevar a cabo el enfoque de la metodología econométrica planteada en el capítulo anterior.

5.2. Gráficas de tendencia de las series

Con base en la metodología econométrica, antes de ejecutar las pruebas de raíz unitaria se debe determinar si la serie muestra tendencia estocástica o determinista. Para conocer este supuesto, se emplean las gráficas 11 y 12 con el fin de analizar el comportamiento individual de las series. Dentro del análisis de los datos por series de tiempo empleados en el modelo, las pruebas sugieren que todas las variables muestran una tendencia estocástica.

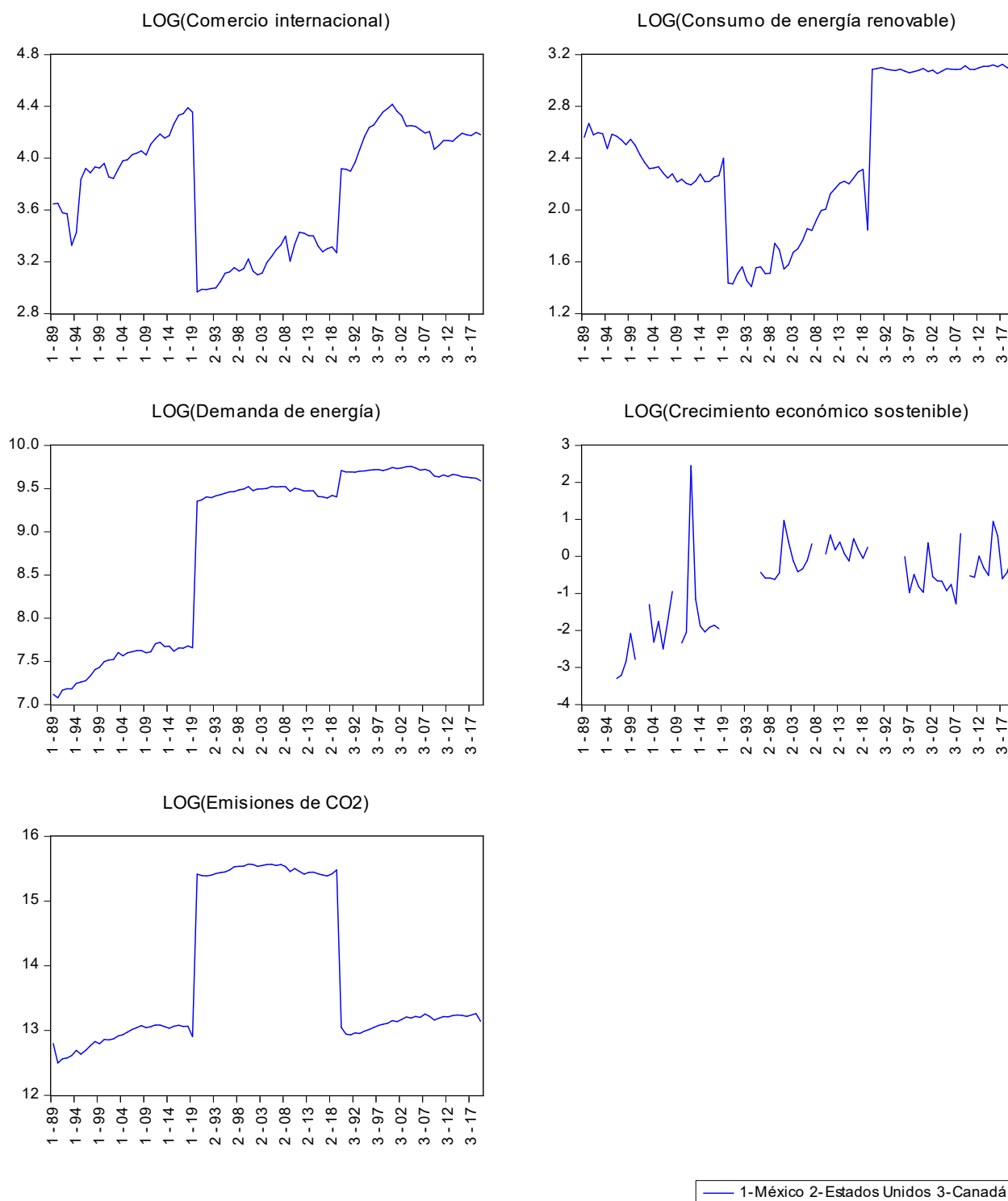
Además, la tendencia de la variable comercio internacional que se observa en la gráfica 11, destaca que Estados Unidos de América muestra índices inferiores en el grado de apertura del comercio con respecto al porcentaje que refleja este factor en el PIB de México y Canadá; lo que significa que estos dos últimos países han mostrado una dependencia proporcionalmente más significativa del comercio internacional para su crecimiento y desarrollo económico, debido a que esta variable se muestra con respecto a la tasa de crecimiento del PIB total de cada país.

Gráfica 11. Comportamiento de las series en el tiempo 1989-2019 (niveles).



Fuente: Elaboración propia con EViews 11, 2021.

Gráfica 12. Comportamiento de las series en el tiempo 1989-2019 (logaritmos).



Fuente: Elaboración propia con EViews 11, 2021.

En la gráfica 12, se observa el comportamiento de las series con los mismos indicadores de la variable dependiente y las explicativas en su forma logarítmica, con el fin de revisar la estacionariedad de las series.

5.3. Resultados de las pruebas de raíz unitaria

Las pruebas para datos de panel pueden tener más potencia que las pruebas realizadas en cada individuo por separado porque la hipótesis nula de no estacionariedad pone un límite de dimensión transversal a los coeficientes de correlación parcial de primer orden, afirma Verbeek (2004).

Por lo tanto, para determinar el orden de integración de las variables, es necesario aplicar las pruebas de raíz unitaria para datos de panel. Dado que las gráficas de comportamiento de las series muestran tendencia, al momento de emplear las pruebas de raíz unitaria se sugiere incluir los términos de intercepto y tendencia.

5.3.1 Prueba de raíz unitaria para datos panel

Tabla 6. Prueba de raíz unitaria en niveles.

Muestra: 1989 2019						
Secciones cruzadas: 3						
Variables exógenas: efectos individuales, tendencias lineales individuales						
Variable	LOG(IT)	LOG(REC)	LOG(ED)	LOG(SEG)	LOG(CDE)	Hipótesis nula
Método:	Valores Prob.					
Levin, Lin & Chu t	0.0723	0.9961	0.5648	0.0000*	0.9999	
Breitung t-stat	0.3080	0.9999	0.9516	0.0000*	0.9980	
Im, Pesaran and Shin W-stat	0.1526	0.9285	0.9746	0.0002*	0.9998	Presencia de raíz unitaria
ADF - Fisher Chi-square	0.1324	0.7340	0.9920	0.0008*	0.9916	
PP - Fisher Chi-square	0.5722	0.4693	0.9946	0.0000*	0.8259	

Fuente: Elaboración propia con EViews 11, 2021.

*1% de significancia.

En la Tabla 6, los estadísticos Prob de la prueba de raíz unitaria en niveles incluyendo el intercepto y la tendencia a la ecuación, empleando las variables en su forma logarítmica muestran presencia de raíz unitaria a excepción de la variable crecimiento económico sostenible (*SEG*) donde se rechaza la hipótesis nula de presencia de raíz unitaria al 1 por ciento de significancia. Por lo tanto, se emplea la prueba de raíz unitaria aplicando primeras diferencias a las variables con presencia de raíz unitaria, incluyendo el término de intercepto a la ecuación.

Tabla 7. Prueba de raíz unitaria en primeras diferencias.

Muestra: 1989 2019

Secciones cruzadas: 3

Variable exógena: efectos individuales

Variable	D(<i>IT</i>)	D(<i>REC</i>)	D(<i>ED</i>)	D(<i>CDE</i>)	Hipótesis nula
Método:	Valores Prob.				
Levin, Lin & Chu t*	0.0000*	0.8618	0.0014*	0.9980	
Im, Pesaran and Shin W-stat	0.0000*	0.0000*	0.0000*	0.0001*	Presencia de raíz unitaria
ADF - Fisher Chi-square	0.0000*	0.0000*	0.0000*	0.0003*	
PP - Fisher Chi-square	0.0000*	0.0000*	0.0000*	0.0000*	

Fuente: Elaboración propia con EViews 11, 2021.

*1% de significancia.

La Tabla 7 muestra los resultados obtenidos de la prueba de raíz unitaria para datos de panel en primeras diferencias, los cuales permiten el rechazo de la hipótesis nula de presencia de raíz unitaria al 1 por ciento de significancia para las variables analizadas comercio internacional (*IT*), consumo de energía renovable (*REC*), demanda de energía (*ED*) y emisiones de CO₂ (*CDE*).

Con la aplicación de las pruebas de raíz unitaria que se muestran en las tablas 6 y 7, se concluye estadísticamente la presencia de una conducta tendencial estocástica en las

series temporales de las variables comercio internacional (*IT*), consumo de energía renovable (*REC*), demanda de energía (*ED*) y las emisiones de CO₂ (*CDE*) en niveles.

Con el fin de determinar el método adecuado para la prueba de cointegración en datos de panel, las variables sugieren que son integradas del siguiente orden.

Tabla 8. Orden de integración de las variables.

Variable	Orden
Comercio Internacional (<i>IT</i>)	I (1)
Consumo de energía renovable (<i>REC</i>)	I (1)
Demanda de energía eléctrica (<i>ED</i>)	I (1)
Crecimiento económico sostenible (<i>SEG</i>)	I (0)
Emisiones de CO ₂ (<i>CDE</i>)	I (1)

Fuente: Elaboración propia con base en el procesamiento de los datos, 2021.

Siguiendo a Pesaran *et al.*, (2001) sugiere que al tratarse de un panel con series de diferente orden; es decir, de orden 0 y 1, existen condiciones para las pruebas de cointegración con variables de orden mixto (univariadas). Por lo tanto, para este modelo la prueba de cointegración adecuada es la propuesta por Pesaran *et al.*, (2001) en la que consideran que las variables no tienen que ser integradas del mismo orden, sino, que se pueden incluir variables I (0), y I (1).

5.4. Resultados prueba de cointegración

Tabla 9. Prueba de cointegración por el método *ARDL*

Método: <i>ARDL</i>		
Muestra: 1991 2019		
Variable dependiente: Comercio internacional (<i>IT</i>)		
Observaciones incluidas: 87		
Criterio del método seleccionado: Akaike info criterion (<i>AIC</i>)		
Variable	Coefficiente	Valor Prob.
Largo plazo		
Consumo de energía renovable (<i>REC</i>)	1.740675	0.0000*
Demanda de energía eléctrica (<i>ED</i>)	0.006223	0.0000*
Crecimiento económico sostenible (<i>SEG</i>)	-0.997144	0.0474**
Emisiones de CO ₂ (<i>CDE</i>)	-0.000000	0.0008*
Corto plazo		
Consumo de energía renovable D(<i>REC</i>)	1.207868	0.4051
Demanda de energía eléctrica (<i>ED</i>)	-0.000559	0.5871
Crecimiento económico sostenible D(<i>SEG</i>)	0.537466	0.0053*
Emisiones de CO ₂ (<i>CDE</i>)	0.000049	0.1059
<i>COINTEQ01</i>	-0.034470**	0.1828

Fuente: Elaboración propia con EViews 11, 2022.

*1% de significancia, ** 5% de significancia.

Con los estadísticos de la prueba de cointegración se pueden estimar los efectos de equilibrio a corto y a largo plazo de las series, en la Tabla 9 los coeficientes estimados de la relación de equilibrio a largo plazo se examinan mediante el Modelo de Rezagos Distribuidos (*ARDL*, por sus siglas en inglés). Los resultados de la prueba de cointegración muestran la presencia de una relación de equilibrio a largo plazo entre las variables, al obtener un coeficiente de cointegración *CointeQ01* estadísticamente significativo al 5 por ciento con un valor de **(-0.034470)**.

5.5. Resultados del modelo de datos panel

Pesaran *et al.*, (2012) consideran que para obtener estimadores consistentes y eficientes cuando los paneles son no estacionarios y cointegrados el método para estimar el modelo de datos de panel más adecuado, se obtiene mediante el método de Mínimos Cuadrados Completamente Modificados (*FMOLS*, por sus siglas en inglés), el cual permite la mejor especificación de los datos.

Tabla 10. Resultados del modelo de datos de panel.

Variable dependiente: Comercio Internacional (Y_IT)

Método: Mínimos Cuadrados Completamente Modificados *FMOLS*

Muestra (ajustada): 1990 2019

Periodos incluidos: 30

Secciones cruzadas: 3

Observaciones totales de datos panel (balanceado): 90

Método del panel: Estimación ponderada

Estimador: Bartlett Kernel, Newey-West

Variable	Coefficiente	Error estándar	t-estadístico	Prob.
Consumo de energía renovable (<i>REC</i>)	4.48894	0.011615	386.4629	0.0000*
Demanda de energía eléctrica (<i>ED</i>)	0.08396	0.015892	5.283439	0.0000*
Crecimiento económico sostenible (<i>SEG</i>)	1.90536	0.028291	67.34818	0.0000*
Emisiones de CO ₂ (<i>CDE</i>)	-0.096852	0.018332	-5.283351	0.0000*

Fuente: Elaboración propia con EViews 11, 2021.

*1% de significancia.

Para este modelo se especificó a la variable comercio internacional (*IT*) como variable dependiente de estudio, además se incluyeron 31 periodos de análisis (años), 3 secciones cruzadas (países), obteniendo un total de 93 observaciones dentro del panel

de datos. El método sugirió un ajuste y finalmente se obtienen 90 observaciones dentro del panel balanceado, como se observa en la Tabla 10.

En el modelo, la variable dependiente corresponde al comercio internacional (*IT*) medido por el grado de apertura del comercio. Mientras que las variables explicativas consumo de energía renovable (*REC*): se mide con base en el porcentaje del consumo total de energía final, la demanda de energía eléctrica (*ED*): obtenida por los kWh de consumo anual per cápita, el crecimiento económico sostenible (*SEG*): se obtiene a través del gasto en investigación y desarrollo en energías renovables expresado en porcentaje respecto del PIB anual de cada país, y finalmente las emisiones de CO₂ (*CDE*): expresadas en kilotonnes (kt) métricos. Tanto las variables explicativas como la dependiente se obtienen de los datos históricos de los países de América del Norte: México, Estados Unidos de América y Canadá, por el periodo de 1989 al 2019.

La estimación de los resultados del modelo de datos de panel que se muestran en la Tabla 10, sugieren lo siguiente:

- Los valores Prob de las variables explicativas incluidas en el modelo, permiten estimar que son variables que explican el comportamiento del comercio internacional de la región, debido a que muestran valores significativos al 1 por ciento, para el caso del consumo de energía renovable (*REC*), demanda de energía eléctrica (*ED*), crecimiento económico sostenible (*SEG*) y emisiones de CO₂ (*CDE*).
- El coeficiente del consumo de energía renovable (*REC*) muestra que por cada 1 por ciento de aumento en esta variable, el comercio internacional (*IT*) de México, Estados Unidos de América y Canadá aumenta un 4.49 por ciento, manteniendo las demás variables constantes. Por lo que este resultado permite estimar un impacto positivo en el comercio internacional de la región, al ser un coeficiente con un signo esperado.

- La variable explicativa demanda de energía eléctrica (*ED*) afecta positivamente al comercio internacional (*IT*) de los países de América del Norte, debido a que su coeficiente muestra que en la medida que la demanda anual de energía eléctrica per cápita aumenta un 1 por ciento, el comercio internacional incrementa un 0.08 por ciento, manteniendo las demás variables constantes.
- El coeficiente de la variable explicativa crecimiento económico sostenible (*SEG*) determina que si este aumenta en un 1 por ciento, y las demás variables se mantienen constantes, el comercio internacional (*IT*) de la región aumenta un 1.91 por ciento.
- En lo que respecta a las emisiones de CO₂ (*CDE*) el valor de su coeficiente muestra la presencia de un impacto negativo para el comercio internacional (*IT*), en este sentido se explica que por cada 1 por ciento de aumento en las emisiones de CO₂, el comercio internacional de la región disminuye un 0.097 por ciento, manteniendo las demás variables constantes.

Una de las conclusiones más relevantes del método *FMOLS* muestra evidencia de que un aumento en el consumo de energía renovable, incrementa el comercio internacional, estos resultados coinciden con los obtenidos por Chang *et al.*, 2019; Lin *et al.*, 2020; Kasperowicz *et al.*, 2020 y Khan, Yu, *et al.*, 2020.

A partir de las estimaciones anteriores se concluye que el comercio internacional aumenta en mayor medida cuando se consume energía renovable, comparado con el aumento que genera el consumo de energía eléctrica proveniente de combustibles fósiles. Además, el crecimiento económico sostenible muestra una relación positiva con el comercio internacional, mientras que las emisiones de CO₂ mostraron una relación negativa para el comercio internacional al explicar que cuando estas últimas aumentan el comercio internacional disminuye.

Estos resultados permiten señalar que la implementación de medidas de política energética podrían mejorar las condiciones para aumentar el consumo de energía renovable, ya que no perjudican el crecimiento económico de la región. Por otro lado, la relación que muestran las emisiones de CO₂ en el comercio internacional explicaría que si se consume más energía renovable, se disminuyen las emisiones de dióxido de carbono provenientes de combustibles fósiles, y por tanto, el comercio internacional aumenta. Este supuesto mejoraría las condiciones medioambientales y aceleraría el crecimiento económico sostenible de América del Norte.

Finalmente, se observa que la mayoría de las variables explicativas incluidas en el modelo muestran efectos positivos y significativos sobre la variable dependiente de estudio: el comercio internacional. Por lo tanto, se concluye que son variables que explican el comportamiento del comercio internacional de la región.

5.6. Resultados de la prueba de causalidad

Tabla 11. Prueba de causalidad de datos panel de Dumitrescu & Hurlin.

Muestra: 1989 2019

Residuos: 1

Hipótesis nula:	Prob.
REC no causa homogéneamente a IT	0.1160
IT no causa homogéneamente a REC	0.6031
ED no causa homogéneamente a IT	0.7111
IT no causa homogéneamente a ED	0.1151
SEG no causa homogéneamente a IT	0.2732
IT no causa homogéneamente a SEG	0.4512
CDE no causa homogéneamente a IT	0.0482**
IT no causa homogéneamente a CDE	0.2589
ED no causa homogéneamente a REC	0.0070*
REC no causa homogéneamente a ED	0.1893
SEG no causa homogéneamente a REC	0.4682
REC no causa homogéneamente a SEG	0.1225
CDE no causa homogéneamente a REC	0.7760
REC no causa homogéneamente a CDE	0.8447
SEG no causa homogéneamente a ED	0.7307
ED no causa homogéneamente a SEG	0.6488
CDE no causa homogéneamente a ED	0.0302**
ED no causa homogéneamente a CDE	0.0007*
CDE no causa homogéneamente a SEG	0.0002*
SEG no causa homogéneamente a CDE	0.4518

Fuente: Elaboración propia con EViews 11, 2021.

*1% de significancia, ** 5% de significancia.

La Tabla 11 muestra los resultados obtenidos de la prueba de causalidad en el sentido de Granger para datos de panel propuesta por Dumitrescu & Hurlin (2012).

Los parámetros obtenidos de la prueba de causalidad para datos panel de la tabla anterior permiten determinar lo siguiente:

1. Las emisiones de CO₂ (*CDE*), con un 1 por ciento de significancia sugieren una relación de causalidad heterogénea con la variable comercio internacional (*IT*).
2. La variable demanda de energía eléctrica (*ED*) causa heterogéneamente al consumo de energía renovable (*REC*), al mostrar evidencia que permite rechazar la hipótesis nula con un nivel de significancia del 1 por ciento.
3. Con un 95 por ciento de confianza se puede estimar que existe una relación de causalidad bidireccional heterogénea entre las variables emisiones de CO₂ (*CDE*) y la variable demanda de energía eléctrica (*ED*).
4. La variable emisiones de CO₂ (*CDE*) muestra una relación de causalidad heterogénea con la variable crecimiento económico sostenible (*SEG*), al rechazar la hipótesis nula con un nivel de significancia del 1 por ciento.

Estos resultados muestran una relación de retroalimentación revelada entre las emisiones de CO₂ y la demanda de energía eléctrica, lo cual podría emplear implicaciones importantes dentro de la política energética y ambiental del *USMCA*.

Conclusiones

En la región de América del Norte, el consumo de energía eléctrica ha ido en aumento como parte del efecto de su crecimiento económico. Además, se ha observado que a partir de la entrada en vigor del T-MEC existe un mayor interés acerca de la implementación de políticas ambientales y energéticas en beneficio del medio ambiente; sin embargo, los efectos del consumo de la energía renovable en el comercio internacional de la región son poco conocidos.

Por lo tanto, esta investigación muestra los efectos de las variables consumo de energía renovable, demanda de energía eléctrica, crecimiento económico sostenible y emisiones de CO₂ en el comercio internacional de los países de América del Norte, para el periodo 1989-2019.

Como parte del sustento teórico de esta investigación se emplearon teorías como la ventaja comparativa de David Ricardo (1817), la cual sostiene que las naciones tienden a especializarse en la producción y exportación de aquellos bienes que fabrican a un coste relativamente menor en comparación con el resto del mundo. Además de otras teorías clásicas de comercio que se remontan a las primeras aportaciones que explican el comportamiento del comercio internacional como: Adam Smith (1776) y su teoría de la mano invisible, además de otros enfoques de las teorías neoclásicas de comercio aportadas por Heckscher-Ohlin y la dotación de factores Heckscher & Ohlin (1933). Todas estas teorías han incursionado en la implementación de políticas del comercio internacional, y han dado como resultado la base para dar solución a la mayoría de los problemas económicos mundiales.

Durante la revisión de literatura se encontraron modelos que emplean variables medioambientales y económicas desarrollados para otros países y regiones del mundo, algunos de ellos desarrollados desde la técnica de datos de panel, por mencionar algunos se encuentran: Häfele, 1977; Coviello, 1998; Tahvonen & Salo, 2001; Sadorsky, 2009; Sadorsky, 2011; Sadorsky, 2012; Livas-García, 2015; Vera & Kristjanpoller, 2017;

Gómez, Ciarreta, & Zarraga, 2018; Khan *et al.*, 2019; Amri, 2019; Gómez & Rodríguez, 2019. Otros estudios examinan la relación entre el consumo de energía renovable, indicadores medioambientales y comercio, algunos de ellos han sido planteados principalmente para economías emergentes y desarrolladas: Ben Aïssa *et al.*, 2014; Altomonte *et al.*, 2003; Lordemann & Villegas, 2009; Muhammad Shahbaz *et al.*, 2013; Ben Jebli & Ben Youssef, 2015; Urrieta, 2017; Khan *et al.*, 2019; Amri, 2019; Khan, Yu, *et al.*, 2020.

Como parte de la metodología econométrica, se emplearon algunas alternativas de especificación del modelo a partir del modelo general. Para ello, se aplicó logaritmo natural a las series con el fin de revisar la estacionariedad de las variables, posteriormente se emplearon algunas pruebas de raíz unitaria para cumplir con la condición de no estacionariedad. El estudio empleó un modelo econométrico de datos de panel por el método de Mínimos Cuadrados Completamente Modificados (*FMOLS*, por sus siglas en inglés). Además, con el fin de examinar la relación entre las variables se aplicó una prueba de cointegración por el Modelo de Rezagos Distribuidos (*ARDL*, por sus siglas en inglés) y pruebas de causalidad de Granger para datos de panel.

Para la especificación del modelo se empleó al comercio internacional (*IT*) como variable dependiente de estudio y como variables explicativas al consumo de energía renovable (*REC*), demanda de energía eléctrica (*ED*), crecimiento económico sostenible (*SEG*) y emisiones de CO₂ (*CDE*), además se incluyeron 31 periodos de análisis (años), y 3 secciones cruzadas (países).

Los resultados de las pruebas de raíz unitaria sugieren que las variables son integradas de diferente orden, mientras que las pruebas de cointegración de paneles muestran una relación de equilibrio a largo plazo entre ellas. Por su parte, los resultados de las pruebas de causalidad revelaron una relación de causalidad bidireccional entre las emisiones de CO₂ y la demanda de energía eléctrica, y unidireccional de las emisiones de CO₂ al

comercio internacional, de la demanda de energía al consumo de energía renovable, y de las emisiones de CO₂ al crecimiento económico sostenible.

Los resultados del modelo de datos panel muestran que el comercio internacional aumenta en mayor medida cuando se consume energía renovable, comparado con el aumento que genera el consumo de energía eléctrica proveniente de combustibles fósiles. Además, el crecimiento económico sostenible muestra una relación positiva con el comercio internacional, mientras que las emisiones de CO₂ mostraron una relación negativa en el comercio internacional al explicar que cuando estas últimas aumentan el comercio internacional disminuye.

Estos resultados permiten señalar que la implementación de medidas de política energética podrían mejorar las condiciones para aumentar el consumo de energía renovable, ya que no perjudican el crecimiento económico de la región. Por otro lado, la relación que muestran las emisiones de CO₂ en el comercio internacional explicaría que si se consume más energía renovable, se disminuyen las emisiones de dióxido de carbono provenientes de combustibles fósiles, y por tanto, el comercio internacional aumenta. Este supuesto mejoraría las condiciones medioambientales y aceleraría el crecimiento económico sostenible de América del Norte.

La hipótesis general plantea que las variables consumo de energía renovable (*REC*), demanda de energía eléctrica (*ED*), crecimiento económico sostenible (*SEG*) y emisiones de CO₂ (*CDE*) afectaron al comercio internacional (*IT*) de los países de América del Norte; México, Estados Unidos de América y Canadá, durante el periodo de 1989 al 2019. Los resultados del método *FMOLS* muestran evidencia de que las variables consumo de energía renovable (*REC*), demanda de energía eléctrica (*ED*), crecimiento económico sostenible (*SEG*) afectaron positivamente al comercio internacional (*IT*), mientras que las emisiones de CO₂ (*CDE*) afectaron negativamente al comercio internacional (*IT*).

La H1 determina que el consumo de energía renovable mostró un efecto positivo en el comercio internacional de los países de América del Norte: México, Estados Unidos de América y Canadá, durante el periodo de 1989 al 2019. El coeficiente del consumo de energía renovable indica que en la medida que este aumenta un 1 por ciento, el comercio internacional aumenta un 4.49 por ciento, manteniendo las demás variables constantes; por lo tanto, este resultado demuestra que el efecto del consumo de energía renovable fue positivo para el comercio internacional de los países de América del Norte durante el periodo 1989-2019.

La H2 plantea que la demanda de energía eléctrica mostró un impacto positivo en el comercio internacional de los países de América del Norte: México, Estados Unidos de América y Canadá, durante el periodo de 1989 al 2019. El coeficiente de la demanda de energía eléctrica (*ED*) sugiere que en la medida que este aumenta un 1 por ciento, el comercio internacional (*IT*) incrementa un 0.08 por ciento, si se mantienen las demás variables constantes. Por lo que se acepta la hipótesis de presencia de un impacto positivo para el comercio internacional de los países de América del Norte durante el periodo 1989-2019.

La H3 sugiere que el crecimiento económico sostenible mostró una relación positiva con el comercio internacional de los países de América del Norte: México, Estados Unidos de América y Canadá, durante el periodo de 1989 al 2019. Por su parte, el resultado del coeficiente de la variable explicativa crecimiento económico sostenible determina que si este aumenta un 1 por ciento, y las demás variables se mantienen constantes, el comercio internacional de la región aumenta un 1.91 por ciento. Por lo tanto, se puede confirmar la presencia de una relación positiva en el comercio internacional de los países de América del Norte durante el periodo 1989-2019.

La H4 plantea que las emisiones de CO₂ mostraron un efecto positivo en el comercio internacional de los países de América del Norte: México, Estados Unidos de América y Canadá, durante el periodo de 1989 al 2019. Los resultados del coeficiente de emisiones

de CO₂ muestran que por cada 1 por ciento de aumento en esta variable, el comercio internacional de la región disminuye un 0.097 por ciento, manteniendo las demás variables constantes. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis de presencia de un efecto positivo para el comercio internacional de los países de América del Norte durante el periodo de 1989 al 2019.

Los resultados de esta investigación muestran la importancia acerca del consumo de la energía renovable y sus efectos en el comercio internacional de América del Norte. Los resultados de estos efectos fueron positivos para el comercio y no comprometen el crecimiento económico de la región. De esta manera, y con la implementación de políticas ambientales y energéticas que incentiven la reducción de dependencia de fuentes de energía eléctrica no renovables, se generarían grandes beneficios para el comercio y el medio ambiente de la región de América del Norte.

Recomendaciones finales

Dado que se considera un tema de reciente interés, en la literatura no se han encontrado amplias fuentes de discusión sobre este tipo de modelos con variables medioambientales y económicas. Por tanto, se considera conveniente ampliar estos y otros modelos con el fin de mejorar las condiciones de evidencia empírica para esta línea de investigación.

Debido a la disponibilidad de los datos para el periodo de análisis, los estadísticos de las variables se recopilaron de distintas fuentes oficiales. Por lo que se prevé que para futuras investigaciones se encuentren disponibles en un mismo banco de datos, con el fin de obtener mayor precisión y proporcionar una mejor estabilidad a las series.

En el planteamiento del modelo se especificó al consumo de energía renovable como la variable explicativa de mayor impacto en el modelo de comercio internacional para el caso de los países de América del Norte para el periodo 1989-2019. Los resultados muestran que se podría emplear esta y otras variables medioambientales para explicar el comportamiento del comercio internacional.

Los resultados de esta tesis sugieren que deben mejorarse las condiciones para aumentar el consumo de energías limpias, ya que no perjudican el desarrollo del comercio, se disminuirían las emisiones de CO₂ provenientes de combustibles fósiles y se aceleraría el crecimiento económico sostenible de los países de América del Norte. Por lo tanto, se considera urgente la implementación de medidas de política energética y ambiental que generen un aumento en el consumo de energía renovable en la región.

Lista de referencias

- Altomonte, H., Coviello, M., & Lutz, W. F. (2003). *Energías renovables y eficiencia energética en América Latina y el Caribe. Restricciones y perspectivas.*
- Amri, F. (2017). Intercourse across economic growth, trade and renewable energy consumption in developing and developed countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 527–534.
- Amri, F. (2019). Renewable and non-renewable energy and trade into developed and developing countries. *Quality and Quantity*, 53(1), 377–387.
- Anderson, K. y otros. (1993). *Regional Integration in the Global Trading System.*
- André, F. J., De Castro, L. M., & Cerdá, E. (2011). Las energías renovables en el ámbito internacional. *Universidad Complutense de Madrid*, 1–26.
- Appleyard, D. R., & Field, A. J. (2003). *Economía Internacional* (Cuarta Ed). McGraw-Hill Interamericana.
- Arthur, I. K., & Yamoah, F. A. (2019). Understanding the role of environmental quality attributes in food-related rural enterprise competitiveness. *Journal of Environmental Management*, 247, 152–160.
- Astudillo Ursua, P. (1988). *Elementos de teoría económica.* Porrúa.
- Badii, M., Guillen, A., & Lugo Serrato, O. (2015). Historia y Uso de Energías Renovables History and Use of Renewable Energies. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 10(1), 1–18.
- Bai, C., Feng, C., Yan, H., Yi, X., Chen, Z., & Wei, W. (2020). Will income inequality influence the abatement effect of renewable energy technological innovation on

- carbon dioxide emissions? *Journal of Environmental Management*, 264.
- Bajo, O. (1991). *Teorías del Comercio Internacional* (Primera Ed). Antoni Bosch.
- Balassa, B. (1978). Exports and economic growth: Further evidence. *Journal of Development Economics*, 5(2), 181–189.
- Baltagi. (2013). *Econometric Analysis of Panel* (Fifth Ed). Wiley.
- Bardomiano, O. M. (2014). Sobre el comercio exterior Mexicano y el TLCAN. *Economía Informa*, 386(386), 77–82.
- Baronio, A., & Vianco, A. (2014). *Datos de Panel* (Cuatro). 4, 1–24.
- Beckerman, W. (1997). 'Demand, exports and growth. *The Economic Development Of The United Kingdom Since 1870*, 1, 379–411.
- Ben Aïssa, M. S., Ben Jebli, M., & Ben Youssef, S. (2014). Output, renewable energy consumption and trade in Africa. *Energy Policy*, 66, 11–18.
- Ben Jebli, M., & Ben Youssef, S. (2015). Output, renewable and non-renewable energy consumption and international trade: Evidence from a panel of 69 countries. *Renewable Energy*, 83, 799–808.
- Bovenberg, A. ., & Smulders, S. (1996). Transitional impacts of environmental policy in an endogenous growth model. *International Economic Review*, 37, 861–893.
- Breitung, J. (2000). The Local Power of Some Unit Root Tests for Panel Data. *Advances in Econometrics*, 15: Nonsta, 161–178.
- Brini, R., Amara, M., & Jemmali, H. (2017). Renewable energy consumption, International trade, oil price and economic growth inter-linkages: The case of Tunisia. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 76, pp. 620–627). Elsevier Ltd.
- Brugger, S. I. (2010). *Capital especulativo y crisis bursátil en América Latina*. *Contagio*,

- crecimiento y convergencia (1993-2005)*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Cabrera, C. J., & Gutiérrez, Abelardo Aníbal; Miguel, R. A. (2005). *Principales indicadores financieros y del sector externo de la economía mexicana*.
- Cadarso, M.-Á., López, L.-A., Gómez, N., Tobarra, M.-Á., Zafrilla, J.-E., & Fabio, M. (2009). *Comercio internacional y responsabilidad medioambiental compartida en la economía española*.
- Cameron, M. (2000). *The Making of NAFTA. How the Deal Was Done*. Cornell University Press.
- Campo, J., & Mendoza, H. (2018). Public expenditure and economic growth: A regional analysis for Colombia, 1984-2012. *Lecturas de Economía*, 88, 77–108.
- Carretero, A., & García, J. M. (2012). Gestión de la eficiencia energética: Cálculo del consumo, indicadores y mejora. *AENORediciones*, 1–28.
- Chang, H.-H., Tsai, S.-H., & Huang, C.-C. (2019). Sustainable development: The effects of environmental policy disclosure in advertising. *Business Strategy and the Environment*, 28(8), 1497–1506.
- Clarkson, S. (2004). Does North America Exist? *Foreign Affairs*, 83(1), 124–125.
- Cordera, R. (2017). Globalización en crisis; por un desarrollo sostenible. *Economía UNAM*, 14(40), 3–12.
- Coviello, M. (1998). Financiamiento y regulación de las fuentes de energía nuevas y renovables: El caso de la geotermia. *Medio Ambiente y Desarrollo*, 13.
- Dahlke, S., Sterling, J., & Meehan, C. (2020). Policy and market drivers for advancing clean energy. In *Advances in Clean Energy Technologies* (pp. 451–485). Elsevier.

- David Ricardo. (1817). *Sobre los principios de la economía política y la tributación* (1st ed.). John Murray, Albemarle-Street.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366), 427–431.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1981). Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with Unit Root. *Econometrica*, 49(4), 1057–1072.
- Dumitrescu, E.-I., & Hurlin, C. (2012). Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Economic Modelling*, 29(4), 1450–1460.
- Ellsworth, P. T. (1969). *The International Economy*. (4th ed.). London: Macmillan.
- Feder, G. (1983). On Exports and Economic Growth. *Journal of Development Economics*, 12.
- Fotis, P., & Polemis, M. (2018). Sustainable development, environmental policy and renewable energy use: A dynamic panel data approach. *Sustainable Development*, 26(6), 726–740.
- Fouquet, R. (2009). A brief history of energy. *International Handbook of the Economics of Energy*, 1–16.
- Giles, J. A., & Williams, C. L. (1999). Export-led growth: a survey of the empirical literature and some non-causality results. Part 2. *Econometrics*, 9(4), 445–470.
- Gómez, M., Ciarreta, A., & Zarraga, A. (2018). Consumo de energía, crecimiento económico y comercio: Un análisis de causalidad para México. *Econoquantum*, 15(1), 53–72.
- Gómez, M., Ciarreta, A., Zarraga, A., Gómez, M., Ciarreta, A., & Zarraga, A. (2018).

- Consumo de energía, crecimiento económico y comercio: Un análisis de causalidad para México. *EconoQuantum*, 15(1), 53–72.
- Gómez, M., & Rodríguez, J. C. (2019). Analysis of the environmental Kuznets curve in the NAFTA Countries, 1971-2014. *Econoquantum*, 17(2), 57–79.
- González, J., Navarro, J., & Orozco, J. (2012). *Sociedad del conocimiento y competitividad en el desarrollo de México y China* (Primera Ed). Miguel Angel Porrúa.
- Granger, C. W. J. (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods. *Econometrica*, 37(3), 424–438.
- Gregorio, J., & Primera, P. (2013). *La teoría económica del desarrollo desde Keynes hasta el nuevo modelo neoclásico del crecimiento económico*. XIX(1), 123–142.
- Grossman, G. M., & Helpman, E. (1991). *Innovation and Growth in the Global Economy*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Gruben, W. C., & Welch, J. (1994). Mexico and the North American Free Trade Agreement. Who Will Benefit? In *Is NAFTA more than a free trade Agreement? A view from the United States*, en *Bulmer-Thomas y otros (comps.)* (Londres). Macmillan.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. (2010). *Econometría* (Fifth Ed). McGraw-Hill.
- Gujarati, D. N., Porter, D., & Gunasekar. (2017). *Basic Econometrics* (Fifth). McGraw-Hill.
- Häfele, W. (1977). *La demanda de energía*. 19, 21–36.
- Hart, M. (1990). A NorthAmerican Free TradeAgreement: The Strategic Implications for Canada. *The Institute for Research on Public Policy*.
- Haveelmo, T. (1944). “The Probability Approach in Econometrics.” *Suplemento de Econometrica*, 12, prefacio, iii.

- Heckscher, E. F. (1935). *Mercantilism.: Vol. Vols. I*. London: Allen.
- Heller, P. S., & Porter, R. C. (1978). Exports and Growth: An Empirical Re-investigation. *Journal of Development Economics*, 5(2), 191–193.
- Helpman, E., & Krugman, P. R. (1985). *Market Structure and Foreign Trade: Increasing Returns, Imperfect ...* Cambridge, MA: MIT Press.
- Hiriart Le Bert, G., Gutiérrez Negrín, L. C. a., Quijano León, J. L., Ornelas Celis, A., Espíndola, S., & Hernández, I. (2011). *Evaluación de la Energía Geotérmica en México*.
- Hongtao, Y. (2014). Green businesses in a clean energy economy: Analyzing drivers of green business growth in U.S. states. *Energy*, 68, 922–929.
- Hsiao, C. (2014). Analysis of Panel Data. In *University of Cambridge* (Third Ed). Cambridge University Press.
- Huesca Rodríguez, C. (2012). *Comercio internacional*. Red Tercer Milenio.
- Hume, D. (1955). “Of the Balance of Trade.” In *David Hume: Writings on Economics*. Madison.
- Ianni, O. (1996). *Teorías de la globalización* (Siglo XXI).
- Irastorza, V., & Fernández, X. (2010). Balance nacional de energía y su relación con el inventario nacional de emisiones. *Revista Internacional de Estadística y Geografía México*, 52(7).
- Kaldor, N. (1970). Long memory time series models. *Scottish Journal of Political Economy*, 17(3), 337–348.
- Kasman, A., & Duman, Y. (2015). CO2 emissions, economic growth, energy consumption, trade and urbanization in new EU member and candidate countries: A panel data

- analysis. *Economic Modelling*, 44, 97–103.
- Kasperowicz, R., Bilan, Y., & Štreimikienė, D. (2020). The renewable energy and economic growth nexus in European countries. *Sustainable Development*.
- Khan, S. A. R., Jian, C., Zhang, Y., Golpîra, H., Kumar, A., & Sharif, A. (2019). Environmental, social and economic growth indicators spur logistics performance: From the perspective of South Asian Association for Regional Cooperation countries. *Journal of Cleaner Production*, 214, 1011–1023.
- Khan, S. A. R., Yu, Z., Belhadi, A., & Mardani, A. (2020). Investigating the effects of renewable energy on international trade and environmental quality. *Journal of Environmental Management*, 272, 7.
- Khan, S. A. R., Zhang, Y., Kumar, A., Zavadskas, E., & Streimikiene, D. (2020). Measuring the impact of renewable energy, public health expenditure, logistics, and environmental performance on sustainable economic growth. *Sustainable Development*, 28(4), 833–843.
- Krueger, A. (1985). Import Substitution Versus Export Promotion. *Finance and Development*, 22(2), 20–23.
- Kugler, P. (1991). Growth, exports and cointegration: An empirical investigation. *Review of World Economics* 1991 127:1, 127(1), 73–82.
- Kwiatkowski, D., Phillips, P., Schmidt, P., & Shin, Y. (1992). Testing the Null Hypothesis of Stationarity against the Alternative of Unit Root: How sure are we that economic time series have a unit root? *Journal of Econometrics*, 54(1–3), 159–178.
- Lean, H. H., & Smyth, R. (2010). On the dynamics of aggregate output, electricity consumption and exports in Malaysia: Evidence from multivariate Granger causality

- tests. *Applied Energy*, 87(6), 1963–1971.
- Lerma Kirchner, A. E., & Márquez Castro, E. (2010). *Comercio y Marketing Internacional* (Cuarta Ed). CENGAGE Learning.
- Levin, A., Lin, C.-F., & Chu, C.-S. (2002). Unit Root Test in Panel Data: Asymptotic and Finite-Sample Properties. *Journal of Econometrics*, 108(1), 1–24.
- Lewis, W. A. (1957). Teoría del desarrollo económico. *El Trimestre Económico*, 24(96), 454–467.
- Lin, X., Zhu, X., Han, Y., Geng, Z., & Liu, L. (2020). Economy and carbon dioxide emissions effects of energy structures in the world: Evidence based on SBM-DEA model. *Science of The Total Environment*, 729(0048–9697).
- Liu, H., Lei, M., Zhang, N., & Du, G. (2019). El nexos causal entre el consumo de energía, Emisiones de carbono y crecimiento económico: nueva evidencia de China, India y países del G7 que utilizan mapas cruzados convergentes. *PloS One*, 14.
- Livas-García, A. (2015). Análisis de insumo-producto de energía y observaciones sobre el desarrollo sustentable, caso mexicano 1970-2010. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 16(2), 239–251.
- Löffler, J. (2014). *¿Qué impacto tiene el cambio energético en el comercio internacional?* Universidad Pontificia Comillas Madrid.
- Lordemann, J. A., & Villegas, H. (2009). *Cambio Climático, Desarrollo Económico y Energías Renovables: Estudio exploratorio de América Latina*.
- Lussier, M. (1991). Impacts of Exports on Economic Performance: A Comparative Study. *Journal of African Economies*, 2(1), 106–127.
- Maddala, G., & Wu, S. (1999). A Comparative Study of Unit Root Test with Panel Data

- and a New Simple Test. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61, 631–652.
- Martínez, G. (2009). Transición hacia fuentes renovables de energía en América del Norte: ¿hacia una cooperación más equitativa en la región? *Economía Informa UNAM*.
- McKinnon, R. I. (1964). Foreign Exchange Constraints in Economic Development and Efficient Aid Allocation. *The Economic Journal*, 74(294), 388.
- McNab, R., & Moore, R. (1998). Trade Policy, Export Expansion, Human Capital and Growth. *Journal of International Trade and Economic Development*, 7(2), 237–256.
- Mercado, S. (2008). *Comercio Internacional II (7a.)*. Limusa.
- Merino, L. (2007). *Las energías renovables*. Haya Comunicación.
- Michaely, M. (1977). Exports and Growth: An Empirical Investigation. *Journal of Development Economics*, 4, 49–53.
- Obstfeld, M., & Krugman, P. R. (2006). *Economía Internacional Teoría y Política* (Séptima Ed). Pearson.
- Ocal, O., & Aslan, A. (2013). Renewable energy consumption-economic growth nexus in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 494–499.
- Pastor, R. (2001). *Toward a North American Community: Lesson from the Old World for the New*.
- Pesaran, H., Shin, Y., & IM, K. (2003). Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels. *Journal of Econometrics*, 115(1), 53–74.
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16, 289–326.
- Puyana, A. (2003). El camino mexicano hacia el regionalismo abierto: los acuerdos de

- libre comercio de México con América del Norte y Europa. *Naciones Unidas. División de Comercio Internacional e Integración. CEPAL.*, 1–84.
- Rabe, M., Streimikiene, D., Drożdż, W., Bilan, Y., & Kasperowicz, R. (2020). Sustainable regional energy planning: The case of hydro. *Sustainable Development*.
- Rahman, M. M. (2017). Do population density, economic growth, energy use and exports adversely affect environmental quality in Asian populous countries? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 506–514.
- Ruiz, A. (2016). “La investigación econométrica mediante Paneles de datos: - Historia, modelos y usos en México.” *Revista Economía y Política, Año XII. N.*, 11–34.
- Ruiz Nápoles, P. (2020). El teorema Heckscher-Ohlin y la economía mexicana. Una visión crítica de la economía neoliberal. *El Trimestre Económico*, 87(345), 99.
- Sachs, J., & Vernis, R. V. (2015). *La era del desarrollo sostenible*. Barcelona: Deusto.
- Sadorsky, P. (2009). Renewable energy consumption and income in emerging economies. *Energy Policy*, 37(10), 4021–4028.
- Sadorsky, P. (2011). Trade and energy consumption in the Middle East. *Energy Economics*, 33(5), 739–749.
- Sadorsky, P. (2012). Energy consumption, output and trade in South America. *Energy Economics*, 34, 476–488.
- Sahni, P., & Atri, P. V. (2012). Export-Led Growth in India: An Empirical Investigation. *International Journal of Marketing and Technology*, 2(7), 283–298.
- Salazar, A., Puente, T., Ordóñez, K., & Sánchez, K. (1990). *Evidencia Empírica de la Teoría de Heckscher-Ohlin para el mundo y para México*.
- Samuelson, P. A., Koopmans, T. C., & Stone, J. R. N. (1954). “Report of the Evaluative

- Committee for Econometrica.” *Econometrica*, 22, núm 2, 141–146.
- Shahbaz, M, Hye, Q., Tiwari, A., & Leitaó, N. (2013). Economic growth, energy consumo, desarrollo financiero, comercio internacional y emisiones de CO2 en Indonesia. *Renovar Sostener*, 26, 109–121.
- Shahbaz, Muhammad, Hye, Q. M. A., Tiwari, A. K., & Leitão, N. C. (2013). Economic growth, energy consumption, financial development, international trade and CO2 emissions in Indonesia. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 25, pp. 109–121). Pergamon.
- Smith, A., & O’Gorman, E. (1941). *Teoría de los sentimientos morales*. 3. <https://doi.org/10.2307/J.CTV233MJ3.23>
- Steinberg, F. (2004). *La nueva teoría del comercio internacional y la política comercial estratégica* -. Juan Carlos Martínez Coll.
- Stewart, H. (2000). EL ACUERDO DE LIBRE COMERCIO ENTRE ESTADOS UNIDOS Y CANADÁ. *Estudios Internacionales*, 187–203.
- Stock, J., & Watson, M. (2012). *Introducción a la Econometría* (3a ed.). Pearson.
- Stuart M, J. (n.d.). *Principios de Economía Política* (Tercera Ed). (Fondo de Cultura Económica, México, 1942).
- Tabrizian, S. (2019). Technological innovation to achieve sustainable development—Renewable energy technologies diffusion in developing countries. *Sustainable Development*, 27(3), 537–544. <https://doi.org/10.1002/sd.1918>
- Tahvonen, O., & Salo, S. (2001). Economic growth and transitions between renewable and nonrenewable energy resources. *European Economic Review*, 45(8), 1379–1398.

- Tintner, G. (1968). *Methodology of Mathematical Economics and Econometrics*. The University of Chicago Press.
- Tsen, W. H. (2010). Exports, Domestic Demand, and Economic Growth in China: Granger Causality Analysis. *Review of Development Economics*, 14(3), 625–639.
- Urrieta, C. M. (2017). *Análisis del crecimiento económico y la contaminación del aire en México de 1980-2012, basado en el proceso de la curva ambiental de Kuznets*. UAEMEX.
- Vega Cánovas, G. (1991). *México ante el libre comercio con América del Norte* (Primera Ed). El Colegio de México.
- Vera, J., & Kristjanpoller, W. (2017). Causalidad de Granger entre composición de las exportaciones, crecimiento económico y producción de energía eléctrica: evidencia empírica para Latinoamérica. *Lecturas de Economía*, 86, 25–62.
- Verbeek, M. (2004). *A Guide to Modern Econometrics* (2nd Ed). Erasmus University Rotterdam, John Wiley & Sons Ltd., Hoboken.
- Vidal Villa, J. M. (1996). *Mundialización*. Antraztj.
- Wonnacott, J. (1994). Mexico and the North American Free Trade Agreement. Who Will Benefit? “Canada’s Role in NAFTA: To What Degree Has It Been Defensive?” En *Bulmer-Thomas y Otros (Comps.)*.
- Wooldridge, J. (2016). *Introductory Econometrics: A Modern Approach* (Sixth edit). CENGAGE Learning.
- Zhang, M., Zhang, S., Lee, C.-C., & Zhou, D. (2021). Effects of trade openness on renewable energy consumption in OECD countries: New insights from panel smooth transition regression modelling. *Energy Economics*.

Zhang, Y., & Zhang, J. (2019). Estimating the impacts of emissions trading scheme on low-carbon development. *Journal of Cleaner Production*, 238.

Anexos

Anexo 1. Concentrado de datos: importaciones y exportaciones 1989-2019

Importaciones y exportaciones de mercancías, total - anual (Millones de dólares EE.UU.)						
Economía asociada	Mundo					
	EXPORTACIONES			IMPORTACIONES		
Economía declarante	México	E.U.A	Canadá	México	E.U.A	Canadá
1989	35,171	363,812	121,832	36,400	492,922	119,792
1990	40,711	393,592	127,629	43,548	516,987	123,244
1991	42,688	421,730	127,163	51,725	508,363	124,792
1992	46,196	448,163	134,435	64,213	553,923	129,262
1993	51,886	464,773	145,178	67,547	603,438	139,035
1994	60,882	512,627	165,376	81,986	689,215	155,072
1995	79,542	584,743	192,197	74,427	770,852	168,426
1996	96,000	625,073	201,633	91,979	822,025	175,158
1997	110,431	689,182	214,422	113,121	899,020	200,873
1998	117,460	682,138	214,327	129,072	944,353	206,066
1999	136,391	695,797	238,446	146,084	1,059,440	220,183
2000	166,367	781,918	276,635	179,464	1,259,300	244,786
2001	158,547	729,100	259,858	173,039	1,179,180	227,291
2002	160,682	693,103	252,394	173,087	1,200,230	227,499
2003	165,396	724,771	272,739	175,039	1,303,050	245,021
2004	187,980	814,875	316,762	202,260	1,525,680	279,931
2005	214,207	901,082	360,475	228,240	1,732,706	322,411
2006	249,961	1,025,967	388,178	263,476	1,918,077	359,000
2007	271,821	1,148,199	420,693	290,246	2,020,403	390,188
2008	291,265	1,287,442	456,471	318,304	2,169,487	419,011
2009	229,712	1,056,043	316,094	241,515	1,605,296	329,907
2010	298,305	1,278,495	387,481	310,205	1,969,184	402,690
2011	349,569	1,482,508	451,335	361,068	2,266,024	463,640
2012	370,770	1,545,703	455,592	380,477	2,336,524	476,296
2013	380,015	1,579,593	458,318	390,965	2,329,060	475,777
2014	396,912	1,620,532	476,300	411,581	2,412,547	475,319
2015	380,550	1,502,572	410,062	405,282	2,315,301	430,124
2016	373,948	1,451,011	389,991	397,522	2,250,154	412,940
2017	409,433	1,546,273	420,665	432,179	2,408,476	443,651
2018	450,713	1,663,982	450,743	476,546	2,614,221	470,466
2019	460,704	1,643,161	446,585	467,342	2,567,455	463,786

Fuente: Elaboración propia con base en Banco Mundial, 2020.

Anexo 2. Concentrado de datos: importaciones y exportaciones de la Región de América del Norte 1989-2019

Importaciones bilaterales 1989-2019 (Miles de dólares)			
Economía asociada	Región de América del Norte		
	México	E.U.A	México
Economía declarante	E.U.A	Canadá	Canadá
1989	32,541.89	928,522	2,852.21
1990	35,682.14	950,256	2,899.32
1991	34,265.87	924,583	3,014.56
1992	46,892.25	948,225	3,568.14
1993	57,892.17	978,221	3,248.69
1994	63,829.52	982,312	4,022.84
1995	68,211.23	1,011,688	4,301.09
1996	71,421.66	1,124,550	4,415.75
1997	81,741.80	1,301,680	5,041.30
1998	89,099.82	1,349,650	5,151.80
1999	104,029.10	1,423,980	6,404.90
2000	128,840.68	1,518,860	8,129.60
2001	124,811.58	1,382,810	7,814.03
2002	128,382.15	1,364,380	8,082.40
2003	131,343.02	1,423,330	8,672.30
2004	148,464.78	1,575,630	10,279.09
2005	162,715.91	1,771,440	12,002.67
2006	189,948.12	1,881,440	14,066.53
2007	202,486.45	2,006,390	15,937.02
2008	208,668.31	2,086,270	16,753.82
2009	168,833.66	1,599,160	14,225.69
2010	222,268.28	1,930,540	21,163.53
2011	255,454.87	2,181,320	24,510.23
2012	268,989.44	2,286,740	25,246.69
2013	270,411.81	2,338,070	25,670.18
2014	284,094.85	2,444,100	25,777.28
2015	285,573.46	2,167,010	23,895.10
2016	284,299.74	20,141,410	24,279.68
2017	304,419.52	21,565,500	26,483.99
2018	358,281.68	38,711,631	28,396.12
2019	370,788.90	36,314,855	24,925.87

Fuente: Elaboración propia con base en Banco Mundial y OMC, 2020.

Anexo 3. Concentrado de datos de las variables de estudio 1989-2019

Base de datos del modelo de tipo panel 1989 -2019					
	Y_IT	X_REC	X2_ED	X3_SEG	X4_CDE
1 - 89	38.329650	12.962564	1232.4793	0.00000*	361878
1 - 90	38.519696	14.413302	1185.0403	0.00000*	267700
1 - 91	35.786535	13.195512	1295.4111	0.00000*	286100
1 - 92	35.553496	13.427092	1317.6322	0.00000*	289760
1 - 93	27.827911	13.303969	1312.5689	0.00000*	300830
1 - 94	30.709972	11.863103	1401.1319	0.00000*	325980
1 - 95	46.321019	13.261833	1419.9032	0.00000*	306520
1 - 96	50.419200	13.064724	1444.3614	0.037009	326080
1 - 97	48.777362	12.699777	1528.1837	0.040340	349230
1 - 98	50.996122	12.238453	1643.0466	0.058475	373120
1 - 99	50.617971	12.748461	1689.186	0.124966	360470
1 - 00	52.432682	12.168300	1800.4679	0.061939	384480
1 - 01	47.166073	11.344900	1834.1514	0.00000*	382760
1 - 02	46.697915	10.683700	1843.9636	0.00000*	388740
1 - 03	50.205689	10.170100	2001.0182	0.271809	407000
1 - 04	53.486145	10.214200	1927.0739	0.099005	414190
1 - 05	53.938132	10.306700	1996.3926	0.172649	432390
1 - 06	56.092725	9.824900	2020.9528	0.082139	449710
1 - 07	56.795279	9.457400	2047.5311	0.173833	462410
1 - 08	57.777031	9.770300	2046.6944	0.388139	477410
1 - 09	55.967770	9.169200	1995.2983	0.00000*	461760
1 - 10	60.760318	9.360700	2018.8274	0.096686	468940
1 - 11	63.469678	9.067000	2216.9062	0.128662	480960
1 - 12	65.767246	8.965500	2253.5144	11.55746	480710
1 - 13	63.764877	9.232100	2144.089	0.313886	469860
1 - 14	64.925358	9.759000	2157.3238	0.152816	458320
1 - 15	71.089090	9.193300	2034.1037	0.130531	472590
1 - 16	76.062209	9.220100	2109.7822	0.147502	479250
1 - 17	77.115745	9.537600	2107.9122	0.155357	471810
1 - 18	80.563300	9.625300	2160.2542	0.142247	472140
1 - 19	77.915293	11.008303	2116.6842	0.00000*	402103
2 - 89	19.415128	4.200636	11531.9323	0.00000*	4955081
2 - 90	19.815051	4.175462	11713.3317	0.00000*	4844990
2 - 91	19.786448	4.507920	12134.1721	0.00000*	4808090
2 - 92	19.950595	4.763083	12014.9582	0.00000*	4880200

2 - 93	20.044619	4.281528	12261.5238	0.00000*	5000350
2 - 94	21.055459	4.088641	12455.1622	0.00000*	5073230
2 - 95	22.453382	4.726554	12659.6076	0.00000*	5126900
2 - 96	22.687072	4.763930	12854.2989	0.649439	5283110
2 - 97	23.428321	4.514260	12889.8323	0.557614	5547990
2 - 98	22.825891	4.534297	13154.763	0.558755	5590700
2 - 99	23.273473	5.709727	13281.87	0.536403	5610300
2 - 00	25.043635	5.429700	13671.052	0.636899	5776410
2 - 01	22.842958	4.678700	13046.6141	2.652701	5749250
2 - 02	22.154272	4.840800	13296.1823	1.469407	5594160
2 - 03	22.477101	5.326300	13307.492	0.896316	5659630
2 - 04	24.352407	5.477700	13388.5897	0.658726	5740030
2 - 05	25.555994	5.841200	13704.577	0.716429	5756080
2 - 06	26.900149	6.396700	13583.267	0.895855	5656580
2 - 07	27.955802	6.304200	13657.4528	1.402649	5740270
2 - 08	29.886798	6.845600	13663.428	0.00000*	5563340
2 - 09	24.641563	7.354400	12913.7147	0.00000*	5159550
2 - 10	28.057952	7.435700	13394.9028	1.066946	5392870
2 - 11	30.789294	8.364200	13245.8819	1.783071	5172100
2 - 12	30.568184	8.728100	12964.1879	1.19209	4950210
2 - 13	30.013007	9.083300	13004.0236	1.47101	5089500
2 - 14	29.959588	9.220500	12993.9656	1.076512	5102580
2 - 15	27.734465	9.033900	12198.0116	0.883566	4982790
2 - 16	26.496879	9.456300	12134.9784	1.613537	4888640
2 - 17	27.143523	9.919100	11954.2524	1.207800	4813720
2 - 18	27.493238	10.107200	12332.0462	0.947003	4981300
2 - 19	26.314155	6.336988	12143.108	1.275645	5282998
3 - 89	50.257688	21.899346	16464.0395	0.00000*	463274
3 - 90	50.175109	22.020754	16167.3746	0.00000*	419120
3 - 91	49.400861	22.197841	16181.5887	0.00000*	412930
3 - 92	52.916054	21.929985	16164.419	0.00000*	426000
3 - 93	58.440817	21.803059	16320.1273	0.00000*	422680
3 - 94	64.592588	21.692693	16388.2805	0.00000*	438820
3 - 95	69.282353	21.923576	16532.382	0.00000*	449500
3 - 96	70.490524	21.579238	16607.2063	0.993624	463160
3 - 97	74.336610	21.311150	16653.6771	0.374615	478530
3 - 98	78.081185	21.524037	16435.787	0.613769	486760
3 - 99	80.115029	21.705081	16678.9326	0.442231	495140
3 - 00	82.765358	22.038099	17037.0723	0.379174	515000
3 - 01	78.344218	21.527201	16840.1938	1.443095	506940

3 - 02	75.707032	21.767300	16960.6397	0.578213	525470
3 - 03	69.840095	21.180599	17208.5235	0.518167	545360
3 - 04	70.192420	21.579100	17264.7367	0.512045	537250
3 - 05	69.759133	21.992300	16948.2752	0.395846	549970
3 - 06	68.052164	21.915001	16508.3396	0.467788	541070
3 - 07	66.283420	21.841499	16683.1337	0.277868	571310
3 - 08	67.023608	21.908199	16377.4797	1.846326	550200
3 - 09	58.474392	22.500000	15450.7307	0.000000	520800
3 - 10	60.208122	21.876101	15269.7455	0.592194	535030
3 - 11	62.498739	21.844101	15644.5403	0.569237	547720
3 - 12	62.595549	22.169201	15336.6249	1.008159	547140
3 - 13	62.231075	22.398001	15750.8116	0.734028	556350
3 - 14	64.378662	22.416800	15588.4871	0.598682	561830
3 - 15	66.164902	22.642200	15303.7521	2.574696	558800
3 - 16	65.363685	22.333000	15251.1065	1.727781	550480
3 - 17	65.101061	22.769899	15135.2222	0.549907	562260
3 - 18	66.581853	22.182899	15076.6085	0.644667	574400
3 - 19	65.428838	21.948942	14610.7213	0.941284	510443

1 = México

2= Estados Unidos de América

3= Canadá

* No se destinaron recursos o inversiones para la investigación y desarrollo sostenible. Serie determinada por el gasto en inv y des / PIB anual. Con base en Khan, Yu, *et al.*, (2020).

Fuente: Elaboración propia con base en Banco Mundial, OMC e IEA 2021.

Anexo 4. Descripción de las variables

Tipo	Variable	Abre- viatura	Descripción	Estándar de medición
Variable dependiente	Comercio internacional	<i>IT</i>	<i>International Trade</i> . “Conjunto de transacciones comerciales realizadas entre las naciones”. Fuente: OMC, 2021.	% Importaciones + % Exportaciones
Variables explicativas	Consumo de energía renovable	<i>REC</i>	<i>Renewable Energy</i> . “Se crean en un flujo continuo y se disipan a través de ciclos naturales que se estima son inagotables”. Fuente: IEA, 2020.	% del consumo total de energía final
	Demanda de energía eléctrica	<i>ED</i>	<i>Energy Demand</i> . “El consumo de energía eléctrica mide la producción de las centrales eléctricas y de las plantas de cogeneración menos las pérdidas ocurridas en la transmisión, distribución y transformación y el consumo propio de las plantas de cogeneración”. Fuente: Banco mundial, 2016.	Consumo de energía KWh (per cápita). Kilovatio-hora
	Crecimiento económico sostenible	<i>SEG</i>	<i>Sustainable Economic Growth</i> . “Es el aumento de la renta o valor de bienes y servicios finales producidos por una economía en un periodo determinado, haciendo uso de recursos sostenibles que no tienen efectos negativos sobre la naturaleza, el clima y la salud humana”. Fuente: ONU, 2022.	Gasto en investigación y desarrollo (% sobre PIB anual)
	Emisiones de CO ₂	<i>CDE</i>	<i>Carbon Dioxide; CO₂ emissions</i> . “Las que provienen de la quema de combustibles fósiles y de la fabricación del cemento. Incluyen el dióxido de carbono producido durante el consumo de combustibles sólidos, líquidos, gaseosos y de la quema de gas”. Fuente: Banco Mundial, 2020.	Emisiones de CO ₂ totales (kt métricos)

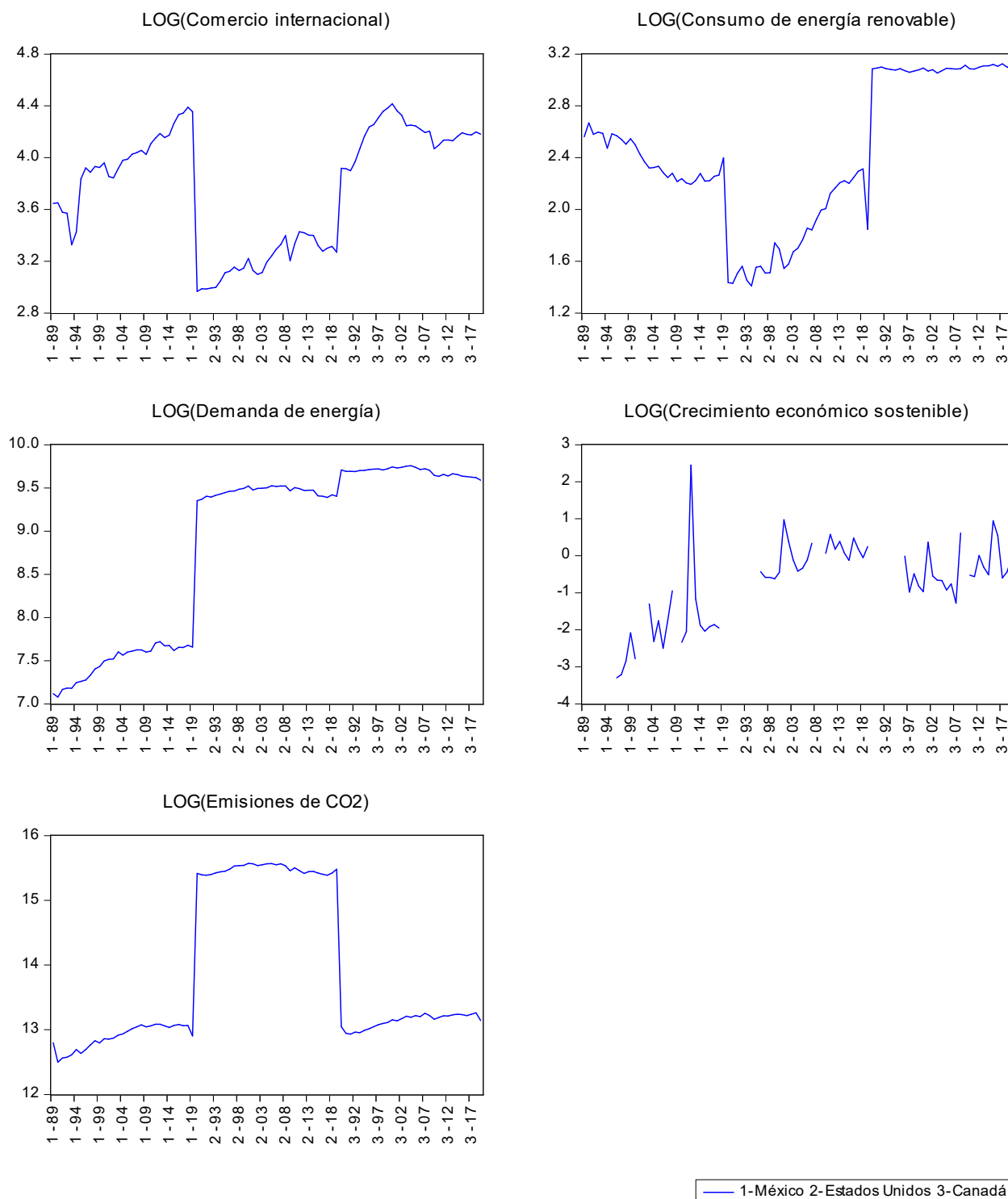
Fuente: Elaboración propia con base en la revisión de literatura, 2021.

Anexo 5. Fuentes de datos

Abreviatura	Variables	Medición	Fuente
<i>IT</i>	Comercio internacional	% PIB Importaciones + % PIB Exportaciones = % del PIB	Banco Mundial (2021).
<i>REC</i>	Consumo de energía renovable	% del consumo total de energía final	IEA (2021).
<i>ED</i>	Demanda de energía eléctrica	Consumo de energía (kWh per cápita)	Banco Mundial (2021).
<i>SEG</i>	Crecimiento económico sostenible	Gasto en investigación y desarrollo (% sobre PIB anual)	Banco Mundial (2021).
<i>CDE</i>	Emisiones de CO ₂	Emisiones de CO ₂ totales (kt métricos)	Banco Mundial (2021).

Fuente: Elaboración propia a partir de la recopilación de los datos, 2021.

Anexo 7. Gráfica de datos (logaritmos)



Fuente: Elaboración propia con EViews 11, 2021.

Anexo 8. Prueba de raíz unitaria en niveles

Muestra: 1989 2019

Secciones cruzadas: 3

Variables exógenas: efectos individuales, tendencias lineales individuales

Variable	LOG(IT)	LOG(REC)	LOG(ED)	LOG(SEG)	LOG(CDE)	Hipótesis nula
Método:	Valores Prob.					
Levin, Lin & Chu t	0.0723	0.9961	0.5648	0.0000*	0.9999	
Breitung t-stat	0.3080	0.9999	0.9516	0.0000*	0.9980	
Im, Pesaran and Shin W-stat	0.1526	0.9285	0.9746	0.0002*	0.9998	Presencia de raíz unitaria
ADF - Fisher Chi-square	0.1324	0.7340	0.9920	0.0008*	0.9916	
PP - Fisher Chi-square	0.5722	0.4693	0.9946	0.0000*	0.8259	

Fuente: Elaboración propia con EViews 11, 2021.

*1% de significancia.

Anexo 9. Prueba de raíz unitaria en primeras diferencias

Muestra: 1989 2019

Secciones cruzadas: 3

Variable exógena: efectos individuales

Variable	D(IT)	D(REC)	D(ED)	D(CDE)	Hipótesis nula
Método:	Valores Prob.				
Levin, Lin & Chu t*	0.0000*	0.8618	0.0014*	0.9980	
Im, Pesaran and Shin W-stat	0.0000*	0.0000*	0.0000*	0.0001*	Presencia de raíz unitaria
ADF - Fisher Chi-square	0.0000*	0.0000*	0.0000*	0.0003*	
PP - Fisher Chi-square	0.0000*	0.0000*	0.0000*	0.0000*	

Fuente: Elaboración propia con EViews 11, 2021.

*1% de significancia.

Anexo 10. Prueba de cointegración

Dependent Variable: D(Y_IT)

Method: ARDL

Date: 02/20/22 Time: 23:24

Sample: 1991 2019

Included observations: 87

Dependent lags: 1 (Fixed)

Dynamic regressors (2 lags, fixed): X_RE X2_ED X3_SEG X4_CDE

Fixed regressors: C

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
Long Run Equation				
X_RE	1.740675	0.178806	9.734989	0.0000
X2_ED	0.006223	0.000727	8.561901	0.0000
X3_SEG	-0.997144	0.492384	-2.025137	0.0474
X4_CDE	-4.84E-06	1.37E-06	-3.525535	0.0008
Short Run Equation				
COINTEQ01	-0.034470	0.255733	-1.348054	0.1828
D(X_RE)	1.207868	1.440505	0.838503	0.4051
D(X_RE(-1))	-1.396593	0.364096	-3.835782	0.0003
D(X2_ED)	-0.000559	0.001024	-0.546064	0.5871
D(X2_ED(-1))	-0.002224	0.002515	-0.884206	0.3802
D(X3_SEG)	0.537466	0.185756	2.893393	0.0053
D(X3_SEG(-1))	0.228300	0.441470	0.517135	0.6070
D(X4_CDE)	4.97E-05	3.03E-05	1.641818	0.1059
D(X4_CDE(-1))	1.13E-05	2.36E-05	0.479828	0.6331
C	-14.88458	10.19592	-1.459856	0.1496
Root MSE	2.336480	Mean dependent var	0.702856	
S.D. dependent var	3.188333	S.E. of regression	2.933442	
Akaike info criterion	4.325815	Sum squared resid	507.6998	
Schwarz criterion	5.251712	Log likelihood	-167.1504	
Hannan-Quinn criter.	4.699666			

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

Fuente: EViews 11, 2022.

Anexo 11. Modelo de datos panel

Dependent Variable: Y_ITLOG
 Method: Panel Fully Modified Least Squares (FMOLS)
 Date: 12/15/21 Time: 11:07
 Sample (adjusted): 1990 2019
 Periods included: 30
 Cross-sections included: 3
 Total panel (balanced) observations: 90
 Panel method: Weighted estimation
 Long-run covariance estimates (Bartlett kernel, Newey-West fixed bandwidth)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
X_RELOG	4.488943	0.011615	386.4629	0.0000
X2_EDKWHLOG	0.083963	0.015892	5.283439	0.0000
X3_SEGLOG	1.905357	0.028291	67.34818	0.0000
X4_CDELOG	-0.096852	0.018332	-5.283351	0.0000
R-squared	-2277229...	Mean dependent var		48.82276
Adjusted R-squared	-2356667...	S.D. dependent var		19.86979
S.E. of regression	305029.9	Sum squared resid		8.00E+12
Long-run variance	156.6474			

Fuente: EViews 11, 2021.

Anexo 12. Prueba de causalidad

Pairwise Dumitrescu Hurtin Panel Causality Tests			
Date: 02/20/22 Time: 23:54			
Sample: 1989 2019			
Lags: 1			
Null Hypothesis:	W-Stat.	Zbar-Stat.	Prob.
X_RE does not homogeneously cause Y_IT	2.55379	1.57193	0.1160
Y_IT does not homogeneously cause X_RE	1.56755	0.52001	0.6031
X2_EDKWH does not homogeneously cause Y_IT	0.73276	-0.37037	0.7111
Y_IT does not homogeneously cause X2_EDKWH	2.55725	1.57562	0.1151
X3_SEG does not homogeneously cause Y_IT	2.10736	1.09577	0.2732
Y_IT does not homogeneously cause X3_SEG	1.78630	0.75333	0.4512
X4_CDE does not homogeneously cause Y_IT	2.93260	1.97598	0.0482
Y_IT does not homogeneously cause X4_CDE	2.13847	1.12896	0.2589
X2_EDKWH does not homogeneously cause X_RE	3.58056	2.66708	0.0077
X_RE does not homogeneously cause X2_EDKWH	2.31065	1.31260	0.1893
X3_SEG does not homogeneously cause X_RE	1.76009	0.72538	0.4682
X_RE does not homogeneously cause X3_SEG	2.52776	1.54417	0.1225
X4_CDE does not homogeneously cause X_RE	0.81322	-0.28454	0.7760
X_RE does not homogeneously cause X4_CDE	1.26367	0.19590	0.8447
X3_SEG does not homogeneously cause X2_EDK	1.40274	0.34423	0.7307
X2_EDKWH does not homogeneously cause X3_S	1.50700	0.45544	0.6488
X4_CDE does not homogeneously cause X2_EDK	3.11269	2.16806	0.0302
X2_EDKWH does not homogeneously cause X4_C	4.26453	3.39660	0.0007
X4_CDE does not homogeneously cause X3_SEG	3.97989	3.09301	0.0020
X3_SEG does not homogeneously cause X4_CDE	0.37456	-0.75242	0.4518

Fuente: EViews 11, 2022.