

Efectos del consumo de energía renovable en el comercio internacional de los países del T-MEC. Un análisis de datos panel 1989-2019

Effects of the consumption of renewable energy in the international trade of the T-MEC countries. A panel data analysis 1989-2019

Mario Gómez¹

Blanca Esthela Barrera Flores²

Recibido: 20 de mayo de 2022 Aceptado: 24 de agosto de 2022

DOI: <https://doi.org/10.33110/cimexus170201>

RESUMEN

El presente trabajo examina el efecto del consumo de energía renovable, la demanda de energía eléctrica, el crecimiento económico sostenible y las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) sobre el comercio internacional de los países del Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC). Para ello, se aplican pruebas de raíz unitaria, de cointegración y de causalidad, y se estimó la relación a largo plazo entre las variables. Los resultados sugieren que las variables son integradas de diferente orden y que existe una relación de equilibrio a largo plazo entre ellas. Existe una relación positiva del consumo de energía renovable, la demanda de energía eléctrica y el crecimiento económico sostenible sobre el comercio internacional, mientras las emisiones de CO₂ lo reducen. Esto implica que es importante analizar las políticas de energía que motiven el aumento del consumo de energía renovable para impulsar el comercio internacional, con el fin de acelerar el crecimiento económico sostenible de la región. Además, la relación de retroalimentación entre las emisiones de CO₂ y la demanda de energía eléctrica, podría tener implicaciones importantes dentro la política energética y ambiental para el panel de países de la región.

Palabras clave: T-MEC, comercio internacional, energía renovable, crecimiento económico sostenible, emisiones de CO₂.

1 Profesor e investigador adscrito al Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Correo electrónico: mgomez@umich.mx

2 Estudiante de la Maestría en Ciencias en Negocios Internacionales del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Correo electrónico: 0941054e@umich.mx

ABSTRACT

This paper examines the effect of renewable energy consumption, electricity demand, sustainable economic growth and carbon dioxide (CO₂) emissions on international trade in the countries of U.S. – Mexico – Canada Agreement (USMCA). To do this, unit root, cointegration and causality tests are applied, and the long-term relationship between the variables is estimated. The results suggest that the variables are integrated of different order and that there is a long-term equilibrium relationship between them. There is a positive relationship between the consumption of renewable energy, the demand for electrical energy and sustainable economic growth on international trade, while CO₂ emissions reduce it. This implies that it is important to analyze energy policies that encourage increased consumption of renewable energy to boost international trade, in order to accelerate sustainable economic growth in the region. In addition, the feedback relationship between CO₂ emissions and the demand for electrical energy could have important implications within the energy and environmental policy for the panel of countries in the region.

Keywords: USMCA, international trade, renewable energy, sustainable economic growth, CO₂ emissions.

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas, varios países han experimentado una demanda intensificada de productos y servicios provenientes del mercado externo, debido a la gran necesidad de adoptar nuevas tecnologías que estimulen su crecimiento económico, científico y técnico. Actualmente, en la comunidad internacional existe una conveniencia indiscutible acerca de la urgencia por construir una economía global cada vez más sostenible que ayude a reducir los daños generados a la naturaleza, el clima y la salud humana. Bajo este escenario, los países, en su interés por conservar los estándares de competitividad en el mundo, deben analizar el impacto ambiental que se genera a través de las emisiones CO₂ provenientes del consumo de energía de fuentes fósiles de los agentes económicos, con el fin de acelerar la implementación de políticas en beneficio del medio ambiente. Por tanto, el objetivo del presente trabajo es examinar la relación entre el consumo de energía renovable, la demanda de energía eléctrica, el crecimiento económico sostenible, las emisiones de CO₂ y el comercio internacional de los países del T-MEC, para el periodo 1989-2019. Lo anterior, puede ayudar a los actores internacionales en el diseño y análisis de la política energética y ambiental que impulse el crecimiento económico sostenible, sin comprometer su desarrollo económico.

Hasta el momento, existen una gran cantidad de trabajos que investigan la relación entre el consumo de energía y el comercio, por mencionar algunos estudios: Häfele (1977); Coviello (1998); Tahvonen & Salo (2001); Sadorsky (2011); Sadorsky (2012); Livas-García (2015); Vera & Kristjanpoller (2017); Gómez, Ciarreta, & Zarraga (2018); Khan et al., (2019); Amri (2019); Gómez & Rodríguez (2019). En su gran mayoría, los trabajos han aportado resultados concluyentes para la tendencia emergente del sector energético en el mundo. Otros estudios examinan la relación entre el consumo de energía renovable, indicadores medioambientales y comercio, algunos de ellos han sido planteados para algunos países y regiones del mundo, principalmente para economías emergentes y desarrolladas, ver por ejemplo: Altomonte *et al.* (2003); Lordemann & Villegas (2009); Muhammad Shahbaz, Khan, et al. (2013); Ben Aïssa *et al.* (2014); Ben Jebli & Ben Youssef (2015); Urrieta (2017); Khan *et al.* (2019); Amri (2019); Zhang *et al.* (2021); Khan, Yu, *et al.* (2020); Khan, Zhang, *et al.* Estas investigaciones han sido muy apreciadas en el campo de la economía energética y ambiental debido a que han revelado algunos de los efectos del consumo de energía renovable en el comercio internacional y la sostenibilidad ambiental, principalmente para países de Asia y Europa.

Sin embargo, en la literatura no se han encontrado estudios que evalúen 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. Por tanto, este artículo contribuye a la literatura con evidencia empírica respecto a la relación entre las variables consumo de energía renovable, demanda de energía eléctrica, crecimiento económico sostenible, las emisiones de CO₂ y comercio internacional de los países miembros del T-MEC: México, Estados Unidos y Canadá, para el periodo de 1989-2019. Conocer la relación entre estas variables es muy importante, ya que puede ayudar al diseño de políticas que promuevan el crecimiento económico a través del comercio internacional sin discutir el medio ambiente.

El contenido de este artículo se encuentra estructurado de la siguiente forma: después de la Introducción, en la segunda sección se aborda la revisión de la literatura teórica y empírica con respecto a las principales teorías del comercio y algunos trabajos empíricos que se han modelado a partir de la relación de las variables medioambientales y económicas; en la tercera sección, se describe brevemente la metodología econométrica aplicada para el desarrollo del modelo; en la cuarta sección, se presenta el análisis y discusión de los resultados; y finalmente, en la quinta sección se exponen las conclusiones con base en los resultados obtenidos.

REVISIÓN DE LITERATURA

- Crecimiento económico y comercio

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 (Appleyard & Field, 2003).

Dentro de este mismo escenario la teoría de Heckscher-Ohlin viene a cambiar el rumbo dentro del campo de la economía, respecto de la ventaja comparativa. Concluyeron que la ventaja comparativa es producto de las diferencias en la dotación de los factores (tierra, mano de obra y capital). Decían que entre más abundante es un factor, su costo se reduce considerablemente, 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).

Posteriormente, la teoría neoclásica del crecimiento económico Solow (1956) rompe con la tradición de considerar que la acumulación del stock de capital era considerado como el principal determinante del crecimiento económico. La conclusión principal de Robert Solow fue que la acumulación de capital físico sólo explica una fracción del crecimiento económico (Gregorio & Primera, 2013) los mecanismos y las consecuencias del crecimiento económico. Se hace referencia a la teoría keynesiana, al estructuralismo latinoamericano de la Cepal con Raúl Prebisch (1949). Tiempo después, a mediados de los años sesenta se inició una nueva fase en la historia del pensamiento económico sobre desarrollo, dada la importancia otorgada al crecimiento nace una preocupación por descubrir los objetivos propiamente dichos acerca del crecimiento y desarrollo económico.

La teoría conocida como Export-Led Growth hypothesis (ELG) 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) determinan que el crecimiento de las exportaciones puede promover la difusión de conocimientos técnicos. Este planteamiento sugiere

una de las determinantes claves para que el crecimiento económico de un país pueda ser influido por su desempeño dentro del campo de las exportaciones. Además, muestra como la visión de las políticas orientadas a la exportación ayudan a estimular el crecimiento económico.

La expansión de las exportaciones puede ser un catalizador para el crecimiento de la producción tanto en forma directa, como un componente de la producción agregada, así como indirectamente a través de la asignación eficiente de los recursos, un mayor uso de las capacidades, la explotación de las economías de escala, y la estimulación de la mejora tecnológica debido a la competencia en el mercado extranjero (Sahni & Atri, 2012).

Las exportaciones facilitan el intercambio de divisas que permite aumentar los niveles de importaciones de bienes de capital y bienes intermedios que a su vez aumentan el crecimiento de la formación de capital y por lo tanto estimula el crecimiento de la producción (Balassa, 1978). Diversos estudios han demostrado estos efectos, principalmente se mencionan los siguientes: Michaely (1977); Heller & Porter (1978); Feder (1983); Krueger (1985); McNab & Moore (1998); Tsen (2010); Gómez *et al.*, (2018), entre otros.

- Crecimiento con recursos renovables y comercio

Los modelos comerciales que utilizan principalmente recursos no renovables, asumen que este recurso es esencial en la producción, así el modelo de Schumpeter con recursos no renovables, permite el crecimiento ilimitado en el consumo, bajo condiciones más débiles que en el modelo con recursos renovables. Por su parte, Tahvonen & Salo (2001) desarrollaron un modelo para estudiar las transiciones entre formas de energía renovable y no renovable en diferentes etapas de desarrollo de una economía. Al igual que Stiglitz (1974) quienes mencionan, tienen la intención de ver cómo el proceso de crecimiento se comportaría en la actualidad.

Kasperowicz *et al.* (2020) panel cointegration test—the Kao (1999), emplean un estudio para determinar la energía renovable y el comercio internacional para 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. Por otro lado, Dahlke *et al.* (2020) concluyen que los proyectos de energías renovables superarán las barreras de comercialización como parte de la adopción estratégica económica de las grandes naciones.

Zhang *et al.* (2021) estudian 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) para el período 1999-2018. 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 el

caso de México, las exportaciones y el comercio total tuvieron un impacto más fuerte en el consumo de energía renovable, mientras que para Estados Unidos ejercen el menor impacto.

- Consumo de energía eléctrica y comercio

Respecto a la evidencia de una relación de causalidad bidireccional entre el consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico, Lean & Smyth (2010) realizan un estudio para el caso de Malasia, utilizando una serie de datos anuales de 1971 a 2006 para examinar la relación causal entre la producción agregada, el consumo de electricidad, las exportaciones, la mano de obra y el capital en un modelo multivariado. Sus resultados muestran una relación de causalidad bidireccional en el sentido de Granger entre la producción agregada y el consumo de electricidad.

Por su parte, Sadorsky (2011) analiza el consumo de energía para determinar si causa a las exportaciones o importaciones en el sentido de Granger para países del Medio Oriente. Concluye que cualquier reducción en el consumo de energía, procedentes de las políticas de conservación de la energía, reducirá las exportaciones o las importaciones y disminuirán los beneficios del comercio. Un año más tarde, Sadorsky (2012) estudia el consumo, la producción y el comercio de energía utilizando un panel de países de América del Sur por el periodo 1980 a 2007, sus pruebas de cointegración de paneles mostraron una relación a largo plazo entre 1) producción, capital, trabajo, energía y exportaciones y 2) producción, capital, trabajo, energía e importaciones. Mientras que sus pruebas de corto plazo evidenciaron una relación de retroalimentación bidireccional entre el consumo de energía y las exportaciones, la producción y las exportaciones y la producción y las importaciones. Finalmente, concluye que las políticas ambientales diseñadas para reducir el uso de energía reducirán el comercio.

Mientras que Shahbaz *et al.*, (2013) identifican que existe causalidad unidireccional entre la actividad económica, la demanda de energía y las emisiones de carbono, respectivamente. Sin embargo, Ocal & Aslan (2013) no confirman la causalidad entre el consumo de energía renovable y las actividades económicas.

Por otro lado, Brini *et al.* (2017) examinan el comportamiento del consumo de energías limpias para algunos países de Europa, sus resultados 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, uno de sus principales hallazgos reveló 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. 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.

- Crecimiento económico sostenible y comercio

Existen diversas fuentes de pensamiento que han debatido acerca del comercio y la sostenibilidad medioambiental, algunas de ellas proponen replantear el crecimiento económico y el desarrollo de la sociedad. La apertura comercial, el control de la inflación y del déficit público, así como el adelgazamiento de los estados y el predominio del mercado; solo han agudizado la pobreza y la concentración del ingreso (Cordera 2017). Lo cual, implica un detenimiento para el crecimiento económico mundial, y un deterioro en el desarrollo de nuevas alternativas que eleven la calidad de vida de las personas y del medio ambiente. Por ello, se propone situar a la cuestión social en un lugar central, que se privilegie a la igualdad, al crecimiento económico y a la sostenibilidad ambiental, mediante una renovación y ampliación del Estado bajo un enfoque de derechos humanos; y así poder recuperar las dinámicas económicas, cuidar la cohesión social y evitar que el pluralismo democrático sea sofocado por el autoritarismo y las tendencias regresivas (Cordera, 2017). Por su parte, Sachs & Vernis (2015) destacan que el desarrollo sostenible implica también un enfoque normativo sobre el planeta, en un sentido estricto y de aplicación igualitaria entre las naciones. Lo que ha originado la creación y promoción de políticas ecológicas más incluyentes dentro del mercado internacional, durante los últimos años.

Particularmente, Shahbaz *et al.*, (2013) muestran evidencia 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 trabajo realizado para algunos estados de Estados Unidos por Hongtao (2014), plantea 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. Los resultados mostraron que “la adopción de RPS (*Renewable Portfolio Standard*) está asociada positivamente con la cantidad de negocios ecológicos”, además de que las Organizaciones no Gubernamentales (ONG) de energía limpia están asociadas positivamente con el crecimiento de las empresas verdes. Este hallazgo confirma que los países y en general todos los organismos mundiales en beneficio del medio ambiente, pueden implementar políticas públicas en función de la política energética y ambiental para el crecimiento económico sostenible de la sociedad internacional.

- Comercio, degradación ambiental y cambio climático

Diversos estudios respaldan la relación entre estas variables y sus efectos desde varios enfoques. En la mayoría de los casos muestran la relación entre los indicadores ambientales (CO_2 , gases de efecto invernadero, combustibles fósiles, etc.) y variables económicas (PIB, comercio e inversión extranjera directa). En este sentido, Roberts & Grimes (1997) examinan una muestra con 147 países para el periodo de 1962 a 1991. Los autores concluyeron que la relación entre las emisiones de CO_2 por unidad de PIB y nivel de desarrollo económico era esencialmente lineal en 1962, y en 1991 había pasado a ser fuertemente curvilínea. Por su parte, McCarney & Adamowicz (2005) utilizan datos de panel para una muestra de 143 países durante el período comprendido entre 1976 y 2000. Estos autores examinan la relación entre apertura del comercio y emisiones de CO_2 , y muestran evidencia de que un comercio más abierto aumenta significativamente las emisiones de CO_2 .

En este mismo sentido, Managi *et al.*, (2005) utilizaron datos correspondientes a 63 países desarrollados y en desarrollo en el período comprendido entre 1960 y 1999 para examinar la relación entre apertura del comercio y niveles de emisiones de CO_2 . Los autores muestran evidencia de que un comercio más abierto generaría un aumento en las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera. Ben Aïssa *et al.*, (2014) en un modelo realizado para 11 países del continente africano, revelaron que el comercio internacional puede afectar de muchas maneras al medio ambiente. Mientras que Khan *et al.*, (2020) determinan que la energía renovable incita al medio ambiente ecológico, que 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 puede aplicarse paulatinamente en otros sectores económicos del mercado sin degradar el medio ambiente.

METODOLOGÍA Y MODELO ECONÓMICO

Con el fin de presentar evidencia empírica acerca de la relación entre el consumo de energía renovable, la demanda de energía eléctrica, el crecimiento económico sostenible, las emisiones de CO_2 (como variables explicativas), y el comercio internacional (como variable dependiente) para el caso de los países del T-MEC, durante el periodo 1989-2019. Para ello, primeramente es importante determinar el orden de integración de las variables a través de pruebas de raíz unitaria de datos panel.

Pruebas de raíz unitaria

En la literatura econométrica se encuentran una serie de procedimientos diseñados para evaluar la hipótesis nula de la presencia de raíz unitaria en una

variable frente a la alternativa de que tiene un comportamiento estacionario. Para el caso de datos de tipo panel, como la hipótesis nula de no estacionariedad impone una restricción en la dimensión transversal en los coeficientes de correlación parcial de primer orden, las pruebas para datos de panel pueden ofrecer una potencia mayor que los aplicados sobre cada individuo de forma separada (Verbeek, 2004).

En este sentido, y conforme a la naturaleza de los datos, primero se prevé importante examinar la estacionariedad y determinar el orden de integración de las variables. Estas pruebas de raíz unitaria para datos de panel, sugieren mejorar las propiedades de los estimadores. Para ello se aplican las pruebas de raíz unitaria de Levin, Lin & Chu de Levin *et al.* (2002), Breitung (2000), Im Pesaran & Shin de Pesaran *et al.* (2003), tipo Fisher usando pruebas ADF y PP (Maddala y Wu (1999) y Choi (2001)), y Hadri (2000).

Las pruebas LLC (2002), Breitung (2000), IPS (2003), Maddala y Wu (1999), proponen como hipótesis nula que la variable muestra presencia de raíz unitaria. Estas pruebas se basan en la siguiente especificación:

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + y_{it-1} + \delta_i t + \sum_{p=1}^p \beta_i \Delta y_{it-1} + u_i$$

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

Prueba de cointegración y método de estimación de largo plazo

Si las series son integradas de diferente orden, Pesaran *et al.* (2001) proponen una prueba de cointegración para variables con orden de integración mixto, $I(0)$ y $I(1)$. Dicha prueba permite determinar si existe una combinación lineal estable que indique que las variables comparten una relación de equilibrio de largo plazo. La existencia de una relación de largo plazo busca evitar que se estimen relaciones espurias (Granger & Newbold, 1974). Pesaran *et al.* (2001) consideran que si los coeficientes entre las variables de rezago 1 caen en conjunto por encima del valor crítico del límite superior, implica que existe una relación de cointegración de largo plazo entre las variables. La hipótesis nula es que no existe cointegración en contra de la alternativa de que si existe cointegración.

Para estimar la relación a largo plazo se emplea el Método de Mínimos Cuadrados Completamente Modificados (*FMOLS, Fully Modified Ordinary Least Squares*), desarrollados por Phillips y Moon (1999) y Pedroni (2000; 2001), el cual permite obtener estimadores asintóticamente insesgados y distribuidos normalmente cuando los paneles son no estacionarios.

Prueba de causalidad de Granger para datos panel

Gujarati & Porter (2010) señalan que una relación de dependencia, por más fuerte y sugerente que sea entre las variables, nunca podrá establecer una conexión causal. Lo cual sugiere que una relación de dependencia no implica causalidad. Si existe una relación de equilibrio a largo plazo entre las variables, debe de existir una relación de causalidad en al menos algún sentido entre las variables (Engle & Granger, 1987).

Dada la heterogeneidad entre las variables de los países analizados en la muestra, es importante tomarla en cuenta en las relaciones de causalidad. Para ello se aplica la metodología propuesta por Dumitrescu & Hurlin (2012). Estos autores proponen una metodología que permite que todos los coeficientes sean diferentes a través de los individuos, pero no para todos los individuos muestrales. La hipótesis nula se conoce como la hipótesis de no causalidad homogénea, y se diferencia de la hipótesis en el sentido de Granger, en que la hipótesis alterna permite la causalidad de X a Y únicamente para algunos individuos, pero no para todos.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Datos

El conjunto de datos del panel balanceado incluye 3 países de América del Norte, y datos anuales por el periodo de 1989 al 2019 respecto de las variables consumo de energía renovable, demanda de energía eléctrica, crecimiento económico sostenible, emisiones de CO₂ y comercio. Las economías de América del Norte que se incluyen en la muestra son los países miembros del T-MEC: México, Estados Unidos de América y Canadá. Como en Khan, Yu, *et al.* (2020), el comercio internacional se expresa con base en la suma del porcentaje de las importaciones y exportaciones dentro del PIB anual.

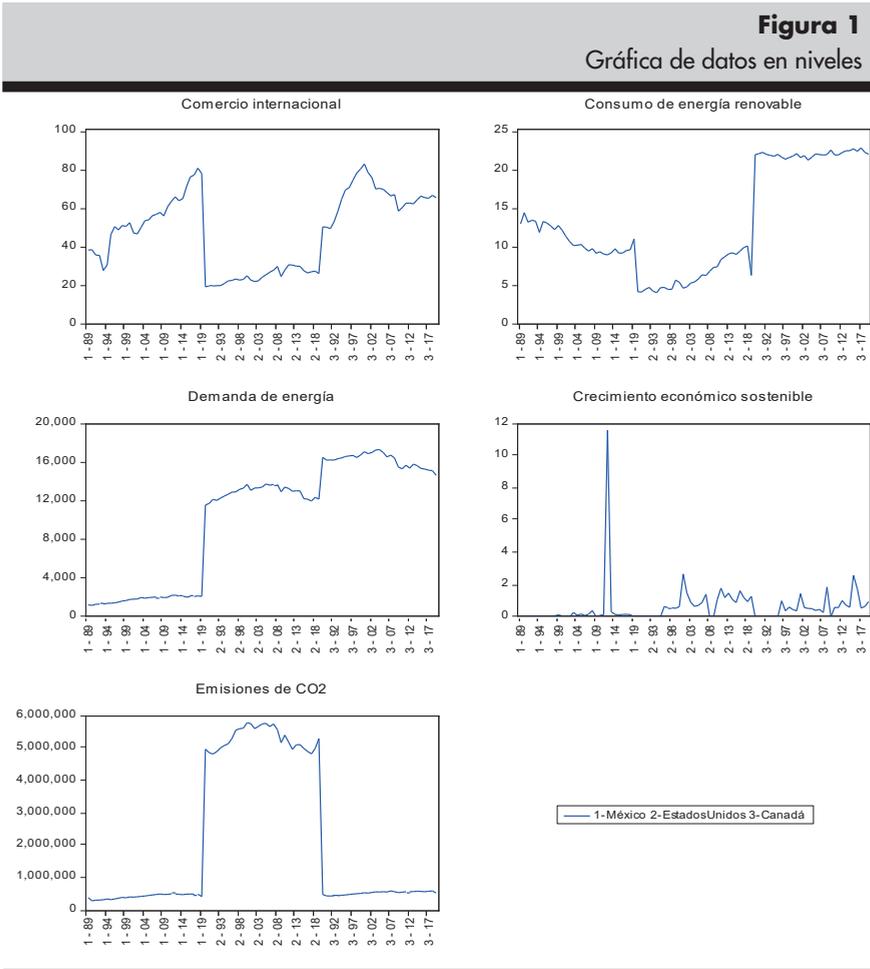
Tabla 1			
Variables utilizadas: fuentes de datos			
Variable	Abreviatura	Descripción	Estándar de medición
Comercio internacional	IT	<i>International Trade.</i> Conjunto de transacciones comerciales realizadas entre las naciones. Fuente: OMC (2021).	% PIB Importaciones + % PIB Exportaciones
Consumo de energía renovable	REC	<i>Renewable Energy.</i> Se crean en un flujo continuo y se disipan a través de ciclos naturales que se estima son inagotables. Fuente: IRENA (2020).	% del consumo total de energía final

Demanda de energía eléctrica	ED	<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).	Gasto en investigación y desarrollo (% sobre PIB anual)
Crecimiento económico sostenible	SEG	<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).	Miles de millones de dólares
Emisiones de CO ₂	CDE	<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 de los autores con base en la recopilación de los datos.

El consumo de energía renovable se emplea con base en el porcentaje del consumo total de energía final. La demanda de energía eléctrica obtenida por los kWh de consumo anual per cápita. Siguiendo a otros investigadores como Khan *et al.* (2019) y Sharif *et al.* (2019), el crecimiento económico sostenible se obtiene a través del gasto en investigación y desarrollo en energías renovables expresado en porcentaje respecto del PIB anual, y finalmente las emisiones de CO₂ medidas en kilotonnes (kt) métricos de emisiones totales. Las variables comercio internacional, demanda de energía eléctrica, crecimiento económico sostenible y emisiones de CO₂ fueron obtenidas de la base de datos del Banco Mundial, para el caso de la variable consumo de energía renovable se obtuvo de del banco de datos de la *International Energy Agency (IEA)*.

Como se muestra en la figura 1, todas las variables muestran una tendencia positiva excepto el crecimiento económico sostenible.



Fuente: Elaboración de los autores con base en el procesamiento de los datos, EViews.

Pruebas de raíz unitaria

Para conocer el orden de integración de las variables, se aplican las pruebas de raíz unitaria y se presentan los resultados en la tabla 2.

Los resultados muestran presencia de raíz unitaria en todas las variables en su forma logarítmica, incluyendo el intercepto y la tendencia, con excepción de la variable crecimiento económico sostenible (SEG), donde se puede afirmar el rechazo de la hipótesis nula de presencia de raíz unitaria al 1% de significancia.

Al aplicar las pruebas de raíz unitaria en primeras diferencias, los resultados obtenidos permiten el rechazo de la hipótesis nula de presencia de raíz unitaria al 1% de significancia para todas las series analizadas en la tabla 3. Por lo anterior, se puede señalar que las variables comercio internacional (IT), consumo de energía renovable (REC), demanda de energía (ED) y las emi-

Tabla 2

Prueba de raíz unitaria para datos de panel

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 & 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 de los autores con base en el procesamiento de los datos, EViews.
 * Indica 1% de significancia.

Tabla 3

Prueba de raíz unitaria para datos de panel 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 & 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 de los autores con base en el procesamiento de los datos, EViews.
 *1% de significancia.

siones de CO₂ (CDE) son integradas de orden I(1), mientras que la variable crecimiento económico sostenible (SEG) es integrada de orden I(0). De esta manera, se concluye que las series son integradas de diferente orden.

Prueba de cointegración

Una vez que se conoce que las variables son de diferente orden de integración, la prueba de cointegración adecuada sería la propuesta por Pesaran *et al.* (2001).

Tabla 4

Prueba de cointegración de Pesaran *et al.*, (2001) por el método ARDL.

Método: ARDL

Muestra: 1992 2019

Variable dependiente: Comercio internacional (IT)

Observaciones incluidas: 84

Criterio del método seleccionado: Akaike info criterion (AIC)

Variable	Coeficiente	Valor Prob.
Largo plazo		
Consumo de energía renovable (REC)	-19.84813	0.0234**
Demanda de energía eléctrica (ED)	0.016650	0.1292
Crecimiento económico sostenible (SEG)	7.131589	0.1802
Emisiones de CO ₂ (CDE)	-0.000294	0.0527***
Corto plazo		
Consumo de energía renovable D(REC)	3.909898	0.0294**
Consumo de energía renovable D(REC(-1))	0.794300	0.3325
Consumo de energía renovable D(REC(-2))	1.705013	0.0313**
Demanda de energía eléctrica (ED)	0.011614	0.2221
Demanda de energía eléctrica (ED(-1))	0.002187	0.1756
Demanda de energía eléctrica (ED(-2))	-0.007545	0.2676
Crecimiento económico sostenible D(SEG)	-0.441268	0.1642
Crecimiento económico sostenible D(SEG(-1))	-0.432521	0.5204
Crecimiento económico sostenible D(SEG(-2))	-0.676861	0.0000*
Emisiones de CO ₂ (CDE)	0.000057	0.0668***
Emisiones de CO ₂ (CDE(-1))	0.000013	0.7904
Emisiones de CO ₂ (CDE(-2))	0.000051	0.0897***
COINTEQ01	-0.105371***	0.0573***

Fuente: Elaboración de los autores con base en el procesamiento de los datos, EViews.
*1% de significancia, ** 5% de significancia, *** 10% de significancia.

De acuerdo con la tabla 4, la prueba de cointegración muestra que existe una relación de equilibrio a largo plazo entre las variables, al obtener un coeficiente de cointegración *CointeQ01* con un valor negativo y estadísticamente significativo **-0.105371**. Se rechaza la hipótesis nula de que no hay una relación de cointegración a largo plazo entre las variables con un nivel de confianza del 94%. Por lo tanto, se muestra evidencia que permite aceptar la hipótesis alternativa de presencia de una relación de cointegración a largo plazo entre las variables.

Modelo de datos de panel

Para estimar la relación a largo plazo entre estas variables, se utiliza el FMOLS como se muestra en la tabla 5. Con base en los parámetros obtenidos, la mayoría de las variables explicativas incluidas en el modelo influyen de manera positiva y significativa con la variable de comercio internacional durante el periodo de estudio; por lo tanto, se considera que son variables que explican el comportamiento del comercio internacional.

Tabla 5
 Resultados del modelo de datos de panel

Variable dependiente: Comercio Internacional (Y_IT)

Método: 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 de los autores con base en el procesamiento de los datos, EViews.
 *1% de significancia.

Los resultados sugieren que el consumo de energía renovable para la generación del comercio no compromete el crecimiento económico de la región de América del Norte, y podría acelerar su crecimiento económico sostenible debido a que el coeficiente del REC muestra una relación positiva con el IT de los países del T-MEC: México, Estados Unidos y Canadá, manteniendo las demás variables constantes. Además, la variable explicativa ED muestra una asociación positiva con el IT de México, Estados Unidos y Canadá, por lo que se puede inferir que en la medida que el consumo anual de energía eléctrica per cápita aumenta, el comercio internacional incrementará también, manteniendo las demás variables constantes. Por su parte, el coeficiente de la variable explicativa SEG determina que si éste aumenta también lo hará el IT, si se mantienen constantes las otras variables. Mientras que el coeficiente de la variable de emisiones de CO₂ muestra la presencia de un impacto negativo para el IT, debido a que, si aumentan las emisiones de dióxido de carbono, el comercio internacional de la región disminuirá, manteniendo las demás variables constantes. Estos hallazgos concuerdan con Khan, Yu, *et al.* (2020), quienes revelaron que la energía renovable se asoció fuerte y positivamente con el comercio internacional en los países nórdicos durante el periodo del 2001 al 2018, y Muhammad Shahbaz *et al.* (2013) en un estudio que sirvió para determinar los vínculos dinámicos entre el consumo de energía, el crecimiento económico, el desarrollo financiero y el comercio en China durante el período 1971-2011, mostraron que el uso de energía, el desarrollo financiero, el capital, las exportaciones, las importaciones y el comercio internacional tienen un impacto positivo en el crecimiento económico.

Pruebas de causalidad

Por su parte, las pruebas de causalidad en el sentido de Granger 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. Esto implica que se deben analizar con urgencia las políticas de energía que motiven el aumento del consumo de energía renovable para impulsar el comercio internacional, con el fin de acelerar el crecimiento económico sostenible de la región. Además, la relación de retroalimentación revelada entre las emisiones de CO₂ y la demanda de energía eléctrica, podría tener implicaciones importantes dentro la política energética y ambiental para el panel de países de la región de América del Norte.

Finalmente, los resultados concluyen que a pesar de la divergencia existente entre la muestra, sería viable implementar alternativas de crecimiento económico sin que esto implique un deterioro para la naturaleza, el clima y la salud humana, de manera que, al consumir energía renovable para la genera-

ción del comercio internacional, además de incentivar el crecimiento económico sostenible de la región, disminuirían las emisiones de CO₂ que afectan negativamente al comercio internacional y al medio ambiente. Estos hallazgos revelan que es importante y urgente atender las medidas de política pública encaminadas a la producción y el consumo de energías limpias para impulsar el comercio internacional y el crecimiento económico sostenible para el panel de países de la región de América del Norte.

Tabla 6
 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 de los autores con base en el procesamiento de los datos, EViews.
 *1% de significancia, ** 5% de significancia.

CONCLUSIONES

Es claro que el proceso de la globalización ha traído consigo una desafiante crisis ambiental que pone en entredicho las ventajas que refleja en el crecimiento económico mundial. Este trabajo estudia la relación entre el consumo de energía renovable, la demanda de energía eléctrica, el crecimiento económico sostenible, las emisiones de CO₂ y el comercio internacional en los países del T-MEC, para el periodo 1989-2019.

Durante la revisión de literatura, no se observaron estudios que revelen los efectos del consumo de la energía renovable en el comercio internacional para los países de América del Norte. No obstante, se encontraron estudios que se han llevado a cabo para otros países y regiones del mundo, algunos de ellos desarrollados desde la técnica de datos de panel.

Con el fin de examinar la relación entre las variables, el estudio empleó un modelo econométrico de datos de panel por el método FMOLS, pruebas de raíz unitaria, técnicas de regresión de cointegración de Pesaran por el método *ARDL* y pruebas de causalidad de Granger para paneles. Para el panel de datos se especificó como variable dependiente de estudio al comercio internacional, y como variables explicativas el consumo de energía renovable, la demanda de energía eléctrica, el crecimiento económico sostenible y las emisiones de CO₂. Además se incluyeron 31 periodos de análisis, de 1989 al 2019, y 3 secciones cruzadas, respecto de los países miembros del T-MEC: México, Estados Unidos de América y Canadá, obteniendo un total de 93 observaciones dentro del panel balanceado.

Los resultados muestran que las series son integradas de diferente orden y que existe una relación de equilibrio a largo plazo. También, los resultados sugieren que el consumo de energía renovable, la demanda de energía eléctrica y el crecimiento económico sostenible influyen positivamente sobre el comercio internacional de la región de América del Norte. Por otro lado, los hallazgos revelaron una relación de causalidad bidireccional en el sentido de Granger 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. Esto implica que es importante aplicar medidas de política energética y ambiental que motiven la producción y el consumo de energías limpias para la generación del comercio internacional, con el fin de acelerar el crecimiento económico de la región de América del Norte.

Es evidente que existe un vínculo negativo entre el crecimiento económico y el consumo de recursos naturales, sin embargo, los resultados de este trabajo concluyen que a pesar de la divergencia existente entre la muestra, sería viable implementar alternativas de crecimiento económico dentro del marco del T-MEC sin que esto implique un deterioro en materia de Estado de derecho, en la naturaleza, en el clima y en la salud humana, de manera que, al consumir

energía renovable para la generación del comercio internacional, además de incentivar el crecimiento económico sostenible de la región, disminuirían las emisiones de CO₂ que afectan negativamente al comercio internacional y al medio ambiente.

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. (2019). Renewable and non-renewable energy and trade into developed and developing countries. *Quality and Quantity*, 53(1), 377–387.
- Appleyard, D. R., & Field, A. J. (2003). *Economía Internacional* (Cuarta Ed). McGraw-Hill Interamericana.
- Balassa, B. (1978). Exports and economic growth: Further evidence. *Journal of Development Economics*, 5(2), 181–189.
- 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.
- 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.
- Campo, J., & Mendoza, H. (2018). Public expenditure and economic growth: A regional analysis for Colombia, 1984-2012. *Lecturas de Economía*, 88, 77–108.
- 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.
- 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.
- 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.
- Engle, R. F., & Granger, C. W. J. (1987). Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. *Econometrica*, 55(2), 251–276.
- 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.
- Gómez, M., Castro, J., & Aguirre, J. (2019). Generación de Electricidad, Pib, Exportaciones e INPC. Un Análisis de Causalidad para México 1970-2015. *Cimexus*, XIV(2).
- 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.
- 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., & Newbold, P. (1974). Spurious Regressions in Econometrics. *Journal of Econometrics*, 2(2), 111–120.
- Gregorio, J., & Primera, P. (2013). *La teoría económica del desarrollo desde Keynes hasta el nuevo modelo neoclásico del crecimiento económico*. XIX(1), 123–142.
- Häfele, W. (1977). *La demanda de energía*. 19, 21–36.
- Helpman, E., & Krugman, P. R. (1985). *Market Structure and Foreign Trade: Increasing Returns, Imperfect ...* Cambridge, MA: MIT Press.
- Hongtao, Y. (2014). Green businesses in a clean energy economy: Analyzing drivers of green business growth in U.S. states. *Energy*, 68, 922–929.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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).
- 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.
- Lordemann, J. A., & Villegas, H. (2009). *Cambio Climático, Desarrollo Económico y Energías Renovables: Estudio exploratorio de América Latina*.
- 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.
- Managi, S., Opaluch, J. ., Jin, D., & Grigalunas, T. . (2005). Environmental Regulations and Technological Change in the Offshore Oil and Gas Industry. *Land Economics*, 81, 303–319.
- McCarney, G., & Adamowicz, W. L. (2005). The Effects Of Trade Liberalization On The Environment: An Empirical Study. *Canadian Agricultural Economics Society*, 01(01), 6–8.
- McNab, R., & Moore, R. (1998). Trade Policy, Export Expansion, Human Capital and Growth. *Journal of International Trade and Economic Development*, 7(2), 237–256.
- 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.
- 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.
- Phillips, P. C. B., & Moon, H. R. (1999). Nonstationary Panel Data Analysis: An Overview of Some Recent Developments. *Cowles Foundation for Research in Economics, Yale University*.
- Roberts, J. T., & Grimes, P. E. (1997). Carbon intensity and economic development 1962-1991: A brief exploration of the environmental Kuznets curve. *World Development*, 25(2), 191–198.
- Sachs, J., & Vernis, R. V. (2015). *La era del desarrollo sostenible*. Barcelona: Deusto.
- 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.
- Shahbaz, M., Hye, Q., Tiwari, A., & Leitao, 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.
- Shahbaz, Muhammad, Khan, S., & Tahir, M. I. (2013). The dynamic links between energy consumption, economic growth, financial development and trade in China: Fresh evidence from multivariate framework analysis. *Energy Economics*, 40, 8–21. <https://doi.org/10.1016/J.ENE-CO.2013.06.006>
- Sharif, A., Raza, S. A., Ozturk, I., & Afshan, S. (2019). The dynamic relationship of renewable and nonrenewable energy consumption with carbon emission: A global study with the application of heterogeneous panel estimations. *Renewable Energy*, 133, 685–691.
- Smith, A. (1776). *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. Reprint. London: J. M. Dent and Sons, 1977.
- Solow, R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *Source: The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65–94.
- Stiglitz, J. E. (1974). Growth with exhaustible natural resources: The competitive economy. *Review of Economic Studies*, 41(5), 139–152.
- Tahvonen, O., & Salo, S. (2001). Economic growth and transitions between renewable and nonrenewable energy resources. *European Economic Review*, 45(8), 1379–1398.
- 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.
- 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.
- 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*.