

Impacto de la Inversión Extranjera Directa de Estados Unidos de América en la Degradación Ambiental en México, 1990 – 2019

Impact of Foreign Direct Investment from the United States of America on Environmental Degradation in Mexico, 1990 – 2019

Mario Gómez¹

Abraham David Villicaña Villa²

Rodrigo Gómez Monge³

Recibido: 30 de enero de 2024 Aceptado: 28 de mayo de 2024

DOI: <https://doi.org/10.33110/cimexus190101>

RESUMEN

Dada la importancia que ha adquirido el tema del cambio climático en la política ambiental, aumentan las preocupaciones por los efectos del comercio entre naciones de las llamadas “Fugas de carbono”. La presente investigación tiene por objetivo examinar el impacto de la Inversión Extranjera Directa de EUA (IED), el Producto Interno Bruto (PIB), la apertura comercial (AC) y el consumo de energías renovables (ER), en las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en México durante el período 1990 – 2019. Para ello se utilizaron herramientas econométricas. Los principales resultados muestran que las variables son de orden de integración I(1) y existe una relación de equilibrio a largo plazo entre las variables. Se estimaron modelos de largo plazo, demostrando que existe una relación positiva entre la IED, el PIB y la AC con las emisiones de CO₂, así que un aumento en la IED, el PIB y la AC contribuyen al incremento de las emisiones de CO₂. Y una relación negativa entre el consumo de ER con las emisiones de CO₂, por lo que un incremento en el consumo de ER ayudará a reducir las emisiones de CO₂. Los resultados validan la Hipótesis Paraíso de contaminación debido a que la IED de EUA contribuyó al incremento de las emisiones de CO₂ generando degradación ambiental, convirtiendo a México en un país paraíso de contaminación.

Palabras Clave: Inversión Extranjera Directa, apertura comercial, consumo de energías renovables, emisiones de dióxido de carbono, paraíso de contaminación.

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: 0714586f@umich.mx

3 Profesor e investigador adscrito a la Facultad de Economía de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. ORCID. 0000-0001-8393-2855. Correo electrónico: rodrigo.gomez@umich.mx

ABSTRACT

Given the importance that the issue of climate change has acquired in environmental policy, concerns are increasing about the effects of trade between nations of so-called “Carbon Leakage”. The objective of this research is to examine the impact of US Foreign Direct Investment (FDI), Gross Domestic Product (GDP), trade openness (AC) and the consumption of renewable energy (RE), on carbon dioxide emissions (CO₂) in Mexico during the period 1990 – 2019. For this, econometric tools were used. The main results show that the variables are of integration order I(1) and there is a long-term equilibrium relationship between the variables. Long-term models were estimated, demonstrating that there is a positive relationship between FDI, GDP and AC with CO₂ emissions, so that an increase in FDI, GDP and AC contribute to the increase in CO₂ emissions. And a negative relationship between RE consumption with CO₂ emissions, so an increase in RE consumption will help reduce CO₂ emissions. The results validate the Pollution Paradise Hypothesis because US FDI contributed to the increase in CO₂ emissions, generating environmental degradation, turning Mexico into a pollution paradise country.

Keywords: Foreign Direct Investment, trade openness, consumption of renewable energy, carbon dioxide emissions, pollution paradise.

INTRODUCCIÓN

Una de las causas más importantes que provoca la degradación ambiental es el cambio climático que a su vez es inducido por las emisiones de gases de efecto invernadero donde predomina el dióxido de carbono (CO₂). El CO₂ provoca un progresivo aumento de la temperatura media en la tierra que puede causar alteraciones graves del sistema climático, la elevación del nivel del mar y fuertes desequilibrios ecológicos y socioeconómicos (Jiménez, 2001). Es por ello que dada la importancia que ha adquirido el tema del cambio climático en la política ambiental, aumentan las preocupaciones por los efectos del comercio entre naciones llamadas “Fugas de carbono”. Es decir, los países en vías de industrialización o en vías de desarrollo con el objetivo de obtener un crecimiento económico, permiten la instalación de empresas extranjeras de países industrializados con estándares ambientales más laxos, permitiéndoles contaminar más, convirtiendo a los países en vías de industrialización o en vías de desarrollo en paraísos de contaminación (Labandeira et al., 2007).

En el caso de México, para conocer si es un país paraíso de contaminación, es importante mencionar que es un país en vías de industrialización, catalogado como uno de los principales países con mayores emisiones de CO₂ (GCA, 2019), ya que durante el periodo de análisis 1990 - 2019, fue el país

Latinoamericano con mayores emisiones. Al recopilar datos históricos sobre el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero en México (INEGYCEI, 2021), se observa que en el periodo de 1990 - 2019, se registraron predominantemente 62% de gases de dióxido de carbono, siendo un porcentaje alto para el cumplimiento de compromisos internacionales como el compromiso que adquirió México ante el Acuerdo de París (ONU, 2019) de reducir en 22% las emisiones de gases de efecto invernadero y en 51% las emisiones de CO₂ para el 2030.

Además, la Inversión Extranjera Directa (IED) ha crecido en México a partir de su apertura comercial convirtiéndose en un país atractivo para los inversionistas, sin embargo, el mayor incremento de la IED fue evidente al entrar en vigor en 1994 el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), donde el principal socio comercial es Estados Unidos de América (EUA), un país industrializado siendo el segundo país con mayores emisiones de CO₂ a nivel mundial. Durante el período de la presente investigación México recibió el 49% de IED proveniente de EUA del total de las inversiones de todo el mundo (RNIE, 2021). La IED beneficia al país porque genera mayor empleo, deja derramas tecnológicas, mejora el desarrollo económico, incrementa el Producto Interno Bruto, hay mayor flujo de divisas, genera mayor competencia e incrementa las exportaciones. Sin embargo, la IED puede perjudicar al país ambientalmente, comprobando la Hipótesis Paraíso de contaminación o beneficiarlo ambientalmente, comprobando la Hipótesis Halo de contaminación.

Es por ello que el objetivo de esta investigación es examinar el impacto de la Inversión Extranjera Directa de EUA, el Producto Interno Bruto, la apertura comercial y el consumo de energías renovables en las emisiones de dióxido de carbono en México durante el período 1990 – 2019. Esto ayuda a conocer el estado de contaminación en México de cara a los compromisos internacionales para la mitigación de la degradación ambiental y conocer si México se ha convertido en un país refugio de contaminación, comprobando la Hipótesis Paraíso de Contaminación.

REVISIÓN DE LITERATURA

En el análisis de estudios recientes con respecto a las emisiones de dióxido de carbono y deterioro ambiental, donde la IED a fluido de países o grupos de países desarrollados o industrializados, a países en desarrollo o en vías de industrialización, preferentemente donde se incluya a México y países latinoamericanos, empleando métodos de datos panel y series de tiempo, encontramos que varios estudios (Armijos & Lozano, 2021; Baek & Choi, 2017; Essandoh et al., 2020; Freire et al., 2021; Ochoa et al., 2021; Solarin & Al-Mulali, 2018) coinciden en que la IED incrementa las emisiones CO₂ en grupo de países en desarrollo convirtiéndolas en paraíso de contaminación.

En el caso de los autores Freire et al. (2021) utilizan datos panel de mínimos cuadrados generalizados factibles de datos anuales desde 1980 al 2015 en 15 países de América Latina, utilizando la teoría de la curva de Kuznets ambiental y el paraíso de la contaminación ambiental. Los resultados muestran que mayores niveles de IED están asociados con incrementos de la contaminación, sin embargo, esta relación se invierte cuando las economías latinoamericanas tienen un ingreso per cápita promedio por encima de los 10,380 USD. Por su parte Essandoh et al. (2020) analizan la relevancia a largo plazo entre emisiones de CO₂, el comercio internacional y las entradas de IED con la consideración de la dinámica a corto plazo en 52 países durante el período de 1991 al 2014. Se basan en la Hipótesis Halo de Contaminación, utilizando modelo de datos panel y modelo ARDL. Los resultados arrojados muestran que existe una relación positiva a largo plazo entre emisiones de CO₂ y entrada de IED exclusivamente para países de bajos ingresos. Además, existe una relación negativa a largo plazo entre emisiones de CO₂ y la apertura comercial únicamente para los países de ingresos altos. El estudio de Solarin y Al-Mulali (2018) analizaron la influencia de la IED en las emisiones de dióxido de carbono, la huella de carbono y la huella ecológica en 20 países en desarrollo y desarrollados de 1982 al 2013 por medio de datos panel utilizando variables como: huella ecológica per cápita, PIB real per cápita, población urbana, consumo de energía e IED, emisiones de CO₂ y huella de carbono per cápita. Los resultados a nivel de país muestran que la IED y la urbanización incrementan la contaminación en los países en desarrollo mientras baja la contaminación en los países desarrollados. Por el lado contrario encontramos el estudio de Trallero (2019) donde se estudia el impacto que ejercen tanto la IED como la apertura comercial en la degradación ambiental, en las emisiones de CO₂, durante el período 1974 al 2014. Los países de análisis son: Pakistán, Sri Lanka, Filipinas, Malasia, India, Tailandia, Bangladesh y Singapur. Se basa en Hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental, utilizando la metodología de datos panel, Modelo de efectos fijos y Modelo Mínimos Cuadrados Ordinarios. Utiliza las variables emisiones CO₂, PIB per cápita, comercio e IED. Los resultados de la investigación reflejan un impacto positivo del comercio en la degradación ambiental además que el impacto de la IED no es significativo. En el mismo sentido González et al. (2018) analizaron las principales variables de las emisiones de CO₂ en los países latinoamericanos durante el período 2009 al 2014. Esta investigación se basa en la Hipótesis de Curva Ambiental de Kuznets, utilizando como variables: emisiones de CO₂, PIB per cápita, uso de energía, IED, rentas totales de recursos naturales, industria y las rentas mineras. La metodología empleada fue mínimos cuadrados ordinarios, y en los resultados se encontró que un aumento en el uso de energía, genera a la vez, un aumento en las emisiones de CO₂, es decir, el mayor consumo de energía genera niveles más altos de contaminación.

Sin embargo, no hay un análisis sobre la degradación ambiental en México durante el periodo propuesto. Por lo tanto, la contribución de esta investigación es dar a conocer como impactó la IED de EUA, el Producto Interno Bruto, la apertura comercial y el consumo de energía renovable en las emisiones de CO₂ en México durante el periodo 1990 – 2019, para conocer si estas variables en el periodo propuesto perjudican o ayudan a mitigar la degradación ambiental, contribuyendo a la literatura con evidencia empírica del comportamiento de estas variables en México durante este periodo.

Teorías de economía y medio ambiente

Las teorías relacionadas con la economía y medio ambiente que dan sustento a la explicación de las variables propuestas en esta investigación son las siguientes:

Hipótesis Paraíso de contaminación

Se conoce como hipótesis paraíso de contaminación o también llamados refugios para la contaminación a los países en desarrollo o en vías de industrialización que dan lugar a empresas donde operan sin tener estrictos controles ambientales comparados a los países desarrollados o industrializados. Esta hipótesis puede entenderse de dos formas (Field, 1995):

1. Los restrictivos estándares ambientales de los países desarrollados ocasionan que otras empresas, especialmente las intensivas en contaminación, se instalen en países donde los estándares son menos restrictivos.
2. Algunos países en desarrollo intentan atraer empresas intensivas en contaminación, a veces con éxito, con la promesa de operar con menores estándares para el control de contaminación, esperando mantener sus tasas de crecimiento económico.

Hipótesis Halo de contaminación.

La hipótesis halo de contaminación sucede cuando las empresas de procedencia extranjera al instalarse en los países en desarrollo, presentan un comportamiento ambiental superior con respecto a las nacionales. Es decir, al ingresar mejor tecnología que la nacional y nuevos conocimientos, mejoran los procesos reduciendo las emisiones de CO₂ con respecto a los procesos de las empresas nacionales (Xie et al., 2020).

Hipótesis Curva Ambiental de Kuznets

La hipótesis Curva de Ambiental de Kuznets (CAK), llamada así por la semejanza con el trabajo realizado por Kuznets (1955) donde estudia la relación

crecimiento económico y desigualdad de ingresos. La hipótesis Curva de Ambiental de Kuznets, realizada por los trabajos de Grossman y Krueger (1991), Shafik y Bandyopadhyay (1992) y Panayotou (1993), establecen una relación entre el nivel de ingreso per cápita y el deterioro ambiental representada por una curva en forma de "U" invertida, donde en un principio, las economías en vías de industrialización, a mayor ingreso per cápita se relaciona con mayor deterioro ambiental, hasta un punto crítico o de quiebre, donde a partir de este se encuentran las economías industrializadas y post industrializadas, donde a mayor ingreso per cápita se relaciona menor deterioro ambiental.

METODOLOGÍA

En la presente investigación los datos de las variables a evaluar son datos series de tiempo, por lo tanto, se utilizan los modelos econométricos: Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS) y Mínimos Cuadrados Completamente Modificados (FMOLS).

La elección de utilizar modelos de Mínimos Cuadrados Ordinarios (Gauss, 1809) en datos de series de tiempo se basa en que ayudan a estimar relaciones lineales entre las variables a lo largo del tiempo, permitiendo identificar tendencias y relaciones significativas. Estos modelos de serie de tiempo asumen ciertas suposiciones, como la linealidad, homocedasticidad y normalidad de los errores, así que es posible que exista correlación serial en los errores lo que puede afectar las estimaciones y requerir técnicas más avanzadas, como los Mínimos Cuadrados Completamente Modificados.

La necesidad de utilizar los FMOLS (Phillips & Hansen, 1990), radica en su capacidad para corregir la presencia de heterocedasticidad y autocorrelación en los errores. La heterocedasticidad implica que la varianza de los errores cambia a lo largo del tiempo, mientras que la autocorrelación implica que los errores están correlacionados entre períodos. Al utilizar los FMOLS, se emplean técnicas de estimación que ajustan la varianza de los errores y toman en cuenta la posible correlación serial. Esto mejora la eficiencia de las estimaciones y proporciona resultados más confiables y robustos en la modelación de las variables en el tiempo.

A continuación, se muestran los instrumentos y pruebas de medición para los modelos econométricos antes mencionados.

Prueba de raíz unitaria

La prueba de raíz unitaria, también conocida como prueba de estacionariedad, es una herramienta utilizada en econometría para evaluar si una serie de tiempo es estacionaria o no. La estacionariedad es una propiedad deseable en las series de tiempo, ya que implica que la serie no muestra tendencias o patrones sistemáticos a lo largo del tiempo, es decir, es estacionaria con media constante (Wooldridge, 2010).

En modelos de series de tiempo es necesario que las variables sean estacionarias para evitar obtener resultados espurios. Para ello se realizan pruebas como la prueba de Dickey Fuller Aumentada donde si se acepta la hipótesis nula quiere decir que existe raíz unitaria en la serie, por lo tanto, tiene tendencia estocástica; en cambio el aceptar hipótesis alternativa indica que en la serie no existe raíz unitaria, por lo tanto, es una serie estacionaria (Dickey & Fuller, 1979).

Prueba de cointegración

La prueba de cointegración tiene como fin establecer si existe una relación de equilibrio de largo plazo o cointegración entre las variables, es decir, se mueven juntas. Este análisis de cointegración es necesario en presencia de una serie de variables que presentan el mismo orden de integración. Los métodos para la realización de la prueba de cointegración son propuestas por Engle y Granger (1987) utilizado para conocer si existe equilibrio a largo plazo entre solo dos variables, y por Johansen (1988, 1991) que permite conocer si existe equilibrio de más de dos variables, como es el caso de esta investigación.

La prueba de cointegración de Johansen se basa en la teoría de los vectores autoregresivos (VAR) y los procesos de corrección de error (VEC). En un modelo VEC, las variables pueden tener una relación de cointegración, y se busca determinar el número de relaciones de cointegración presentes (Johansen, 1988, 1991).

Datos

En esta investigación se utiliza datos anuales de México del periodo 1990 - 2019 de las siguientes variables:

Variable dependiente

- Emisiones de CO₂. Se refiere a las emisiones de dióxido de carbono que provienen principalmente 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.

Variables independientes

- Inversión Extranjera Directa de Estados Unidos (IED). Es la suma del total de la Inversión Extranjera Directa en México proveniente de Estados Unidos durante el periodo 1990 - 2019.
- Producto Interno Bruto per cápita (PIB). El PIB per cápita es el Produc-

to Interno Bruto dividido por la población a mitad de año. El PIB es la suma del valor agregado bruto de todos los productores residentes en la economía más todo impuesto a los productos, menos todo subsidio no incluido en el valor de los productos. Se calcula sin hacer deducciones por depreciación de bienes manufacturados o por agotamiento y degradación de recursos naturales. Los datos se expresan en dólares de los Estados Unidos a precios constantes.

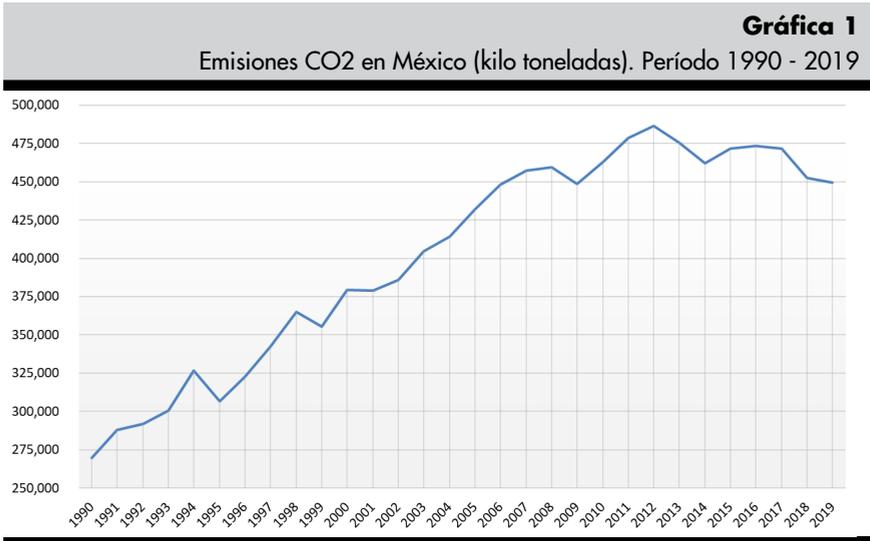
- Apertura comercial (AC). El comercio es la suma de las exportaciones e importaciones de bienes y servicios, medidas como proporción del producto interno bruto.
- Energía renovable (ER). Se refiere al porcentaje de consumo de energía renovable total de la energía final.

A continuación, se muestra en la siguiente tabla las variables, indicadores y fuentes de consulta de la presente investigación.

Tabla 1		
Indicadores de variables		
Variable	Indicador	Fuente de consulta
Emisiones de dióxido de carbono	Emisiones de dióxido de carbono (medido en kilotoneladas)	Banco Mundial
Inversión Extranjera Directa	Inversión Extranjera Directa de EUA (medido en millones de dólares)	Secretaría de Economía (México)
Producto Interno Bruto	Producto Interno Bruto per cápita (medido en dólares constantes del 2010)	Banco Mundial
Apertura comercial	Comercio (medido como porcentaje del PIB)	Banco Mundial
Energía renovable	Consumo de energía renovable (medido como porcentaje del consumo total de energía total)	Banco Mundial

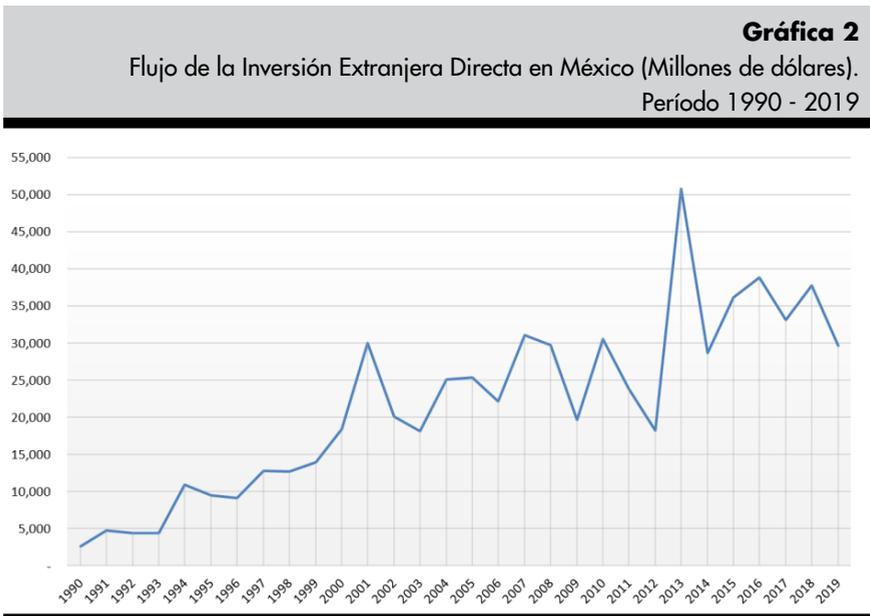
Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial (2023) y la Secretaría de Economía (2023).

A continuación, se muestran las gráficas de cada una de las variables para conocer el desarrollo en México durante el periodo 1990 – 2019:



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial (2023).

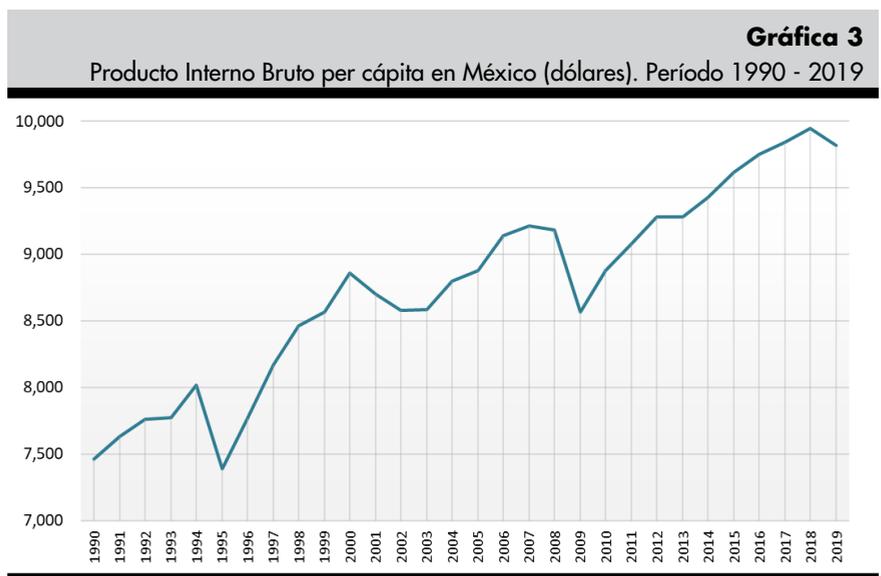
De acuerdo a la grafica anterior, las emisiones de CO2 en México han crecido de 1990 hasta su punto máximo en el 2012 manteniendo una tendencia positiva, y a pesar que desde el 2012 no han crecido las emisiones de CO2, se ha mantenido con altos índices de emisiones.



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial (2023)

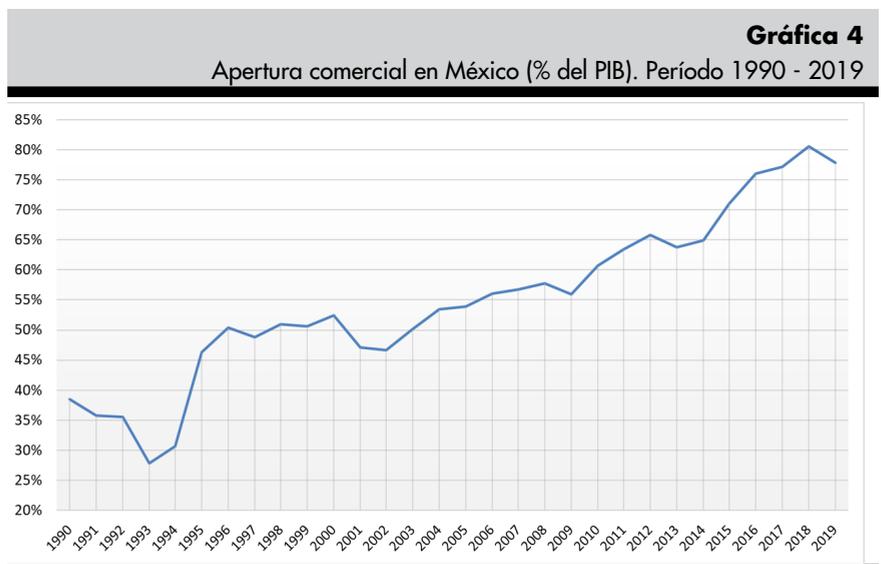
De acuerdo a la gráfica 2 se observa que, entre 1990 hasta 1993, los flujos de IED no pasaban de los 5 mil millones de dólares, mientras que, en 1994 con la entrada en vigor de Tratado de Libre Comercio, incrementaron los flujos

de la IED, duplicando su valor sobrepasando los 10 mil millones de dólares. Desde entonces los flujos de la IED en México mantienen tendencia positiva.



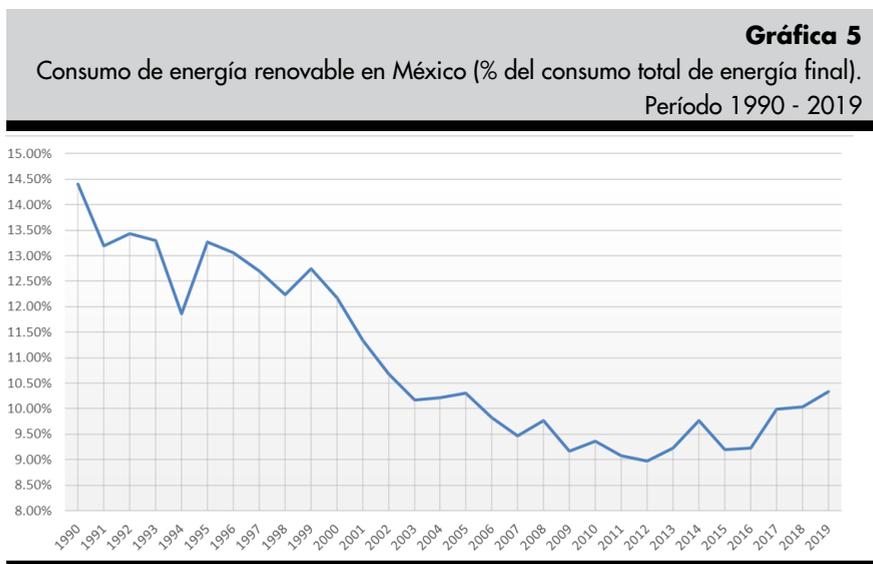
Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial (2023)

En la gráfica se observa que el Producto Interno Bruto per cápita en México, durante el periodo 1990 - 2019, muestra una clara tendencia positiva dejando ver que la riqueza del país va en aumento. Como México es un país en vías de industrialización, y debido a que el Producto Interno Bruto per cápita en México en el periodo ha ido en aumento, de acuerdo a la hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets abre la posibilidad de que también aumente la degradación ambiental.



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial (2023)

Como se aprecia en la gráfica anterior, hay un aumento considerable en la apertura comercial a partir de la entrada en vigor del TLCAN en 1994. Después del TLCAN México ha tenido una mayor apertura comercial manteniendo una tendencia positiva, dando como resultado una mayor participación porcentual del PIB. Por lo tanto, esta variable también está directamente relacionada con la hipótesis Curva Ambiental de Kuznets donde México es un país en vías de industrialización, y debido a que el comercio en México en el periodo ha crecido, generando mayores ingresos al país, también abre la posibilidad de que ayude a generar mayor contaminación y degradación ambiental



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial (2023)

En la gráfica 5 se observa que de 1990 al 2012 el porcentaje de consumo total de energía renovable en México se va reduciendo con una clara tendencia negativa. Esto es debido al incremento de población y demanda para satisfacer sus necesidades, provocando una generación mayor de energía basada en combustibles fósiles. Sin embargo, a partir del año 2012 se observa un cambio de tendencia, de negativa a positiva, incrementando el uso de energías renovables en México. Este cambio de tendencia en el uso de energías renovables en México, coincide con la entrada en vigor de la Reforma Energética (2013), puesto que permitió la inversión privada tanto nacional como extranjera, abriendo la posibilidad de recibir mayor transferencia tecnológica utilizando en mayor medida energías más amigables con el medio ambiente

Modelo econométrico

Debido que se utilizan modelos econométricos de series de tiempo, el modelo se puede expresar de la siguiente manera (todas las variables se expresan en logaritmos):

$$CO2_t = \beta_{0t} + \beta_{1t}IED_t + \beta_{2t}PIB_t + \beta_{3t}AC_t + \beta_{4t}ER_t + e_t$$

Donde:

- $CO2_t$ son emisiones de dióxido de carbono en el período de tiempo t.
- IED_t es la Inversión Extranjera Directa de EUA en el período de tiempo t.
- PIB_t es el Producto Interno Bruto per cápita en el período de tiempo t.
- IAC_t es la Apertura comercial en el período de tiempo t.
- ER_t es el consumo de energías renovables en el período de tiempo t.
- Los parámetros β_1 , β_2 , β_3 , y β_4 representan las elasticidades a largo plazo de las variables independientes, respecto a las emisiones de dióxido de carbono en el período del tiempo.
- e_t es el término de error en el periodo de tiempo t

Relaciones esperadas de las variables:

- $\beta_1 > 0$, porque el cambio incremental en la inversión extranjera directa puede generar un aumento en las emisiones de dióxido de carbono.
- $\beta_2 > 0$, un aumento en el nivel del Producto Interno Bruto genera un aumento en las emisiones de dióxido de carbono.
- $\beta_3 > 0$, debido a que una relación positiva en la apertura comercial puede incrementar las emisiones de dióxido de carbono.
- $\beta_4 < 0$, se espera una relación negativa en el consumo de energías renovables reduciendo las emisiones de dióxido de carbono

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este apartado se muestran los resultados de las estimaciones de los modelos econométricos de series de tiempo empleados, es decir el modelo mínimos cuadrados ordinarios (OLS) y mínimos cuadrados completamente modificados (FMOLS), así como las pruebas diagnóstico de normalidad, heterocedasticidad y correlación, correspondientes para cada uno de los modelos. Además, se realiza un análisis, discusión de los resultados presentados e implicaciones.

Pruebas de Raíz unitaria

Debido a que utilizamos modelos series de tiempo, es primordial realizar pruebas de raíz unitaria a cada una de las variables para conocer si son estacionarias y que grado de integración son. Para ello se realizó la prueba de raíz unitaria a cada una de las series por medio de la prueba Dickey-Fuller Aumentada (1979).

En la tabla 2 se muestran los resultados de las pruebas de raíz unitaria donde observa que las variables a nivel, todas tienen raíces unitarias. Sin embargo en las primeras diferencias al 1% de significancia, todas las variables son estacionarias, confirmando que todas las variables se integran en orden I(1).

Tabla 2	
Prueba de Raíz unitaria Dickey – Fuller Aumentada	
Variables a nivel	t - Statistic
CO2	-2.287953
IED	-2.814270
PIB	-1.168198
AC	-0.358654
ER	-2.185120
Variables Primera diferencia	t - Statistic
Δ CO2	-4.557314 ***
Δ IED	-8.954765 ***
Δ PIB	-5.247729 ***
Δ AC	-4.082683 ***
Δ ER	-6.705161 ***

Nota: *** denotan el rechazo de la hipótesis nula al nivel del 1% de significancia

Prueba de cointegración

Debido a que todas las variables tienen el mismo grado de integración, es decir grado de integración I(1), entonces abre la posibilidad de que exista una relación de equilibrio de largo plazo o cointegración entre las variables. Para ello se realiza la prueba de cointegración por medio de la metodología de Johansen (1988, 1991) para probar la presencia de equilibrio entre las variables.

En la tabla 3, se muestra la prueba de cointegración utilizando la metodología de Johansen para probar la presencia de un equilibrio o relación de largo plazo entre las variables integradas del mismo orden.

Tabla 3

Prueba de cointegración de Johansen

Hypothesized No. Of CE(s)	Trace Statistic
None *	108.6410***
At most 1	61.76539
At most 2	34.88613
At most 3	17.34558
At most 4	6.967414

Nota: *** denota el rechazo de la hipótesis nula al nivel del 1% de significancia

La prueba de cointegración indica que existen al menos una relación de cointegración, ya que se rechaza la hipótesis nula al 1% de significancia, confirmando una relación de equilibrio o de largo plazo entre las variables.

Estimación de los coeficientes en el largo plazo

Ya que se confirma que las variables cointegran y que existe una relación de equilibrio entre ellas al largo plazo, se aplican los modelos serie de tiempo mínimos cuadrados ordinarios OLS (Gauss, 1809) y mínimos cuadrados completamente modificados FMOLS (Phillips & Hansen, 1990), para estimar las elasticidades de los coeficientes al largo plazo para cada modelo.

Se utilizan ambos modelos para comparar los resultados arrojados y dar mayor soporte a la relación esperada de cada variable respecto a las emisiones de CO₂, así como a la estimación de cada uno de los coeficientes. En la tabla 4, se muestran las estimaciones de los coeficientes de ambos modelos.

Tabla 4

Estimación de los coeficientes al largo plazo

Variable	OLS		FMOLS	
	Coefficiente	t - Statistic	Coefficiente	t - Statistic
IED	0.037955	2.692155 **	0.038638	2.216197 **
PIB	0.431548	3.243774 ***	0.482896	2.486335 **
AC	0.095293	2.770500 **	0.147983	2.777790 **
ER	-0.707397	-12.17194 ***	-0.818876	-10.08301 ***

Nota: *** y ** denotan significación estadística en los niveles 1% y 5%, respectivamente

De acuerdo a los resultados de la tabla anterior, las estimaciones de los coeficientes de las variables IED, PIB, AC y ER son significativos en ambos modelos al 1% y 5%. Además, en ambos modelos guardan la misma relación respecto a las emisiones de CO₂, como se esperaba:

- Las elasticidades de largo plazo muestran una relación positiva de la Inversión Extranjera Directa de EUA, el Producto Interno Bruto y la apertura comercial, con las emisiones de dióxido de carbono. Esto implica que un aumento en cualquiera de estas variables provocará que aumenten las emisiones de dióxido de carbono generando mayor degradación ambiental, como se esperaba.
- Por otro lado, existe una relación negativa entre el uso de energías renovables y las emisiones de dióxido de carbono. Esto implica que el aumento del uso de energías renovables ayudará a reducir las emisiones de dióxido de carbono contribuyendo a una menor degradación ambiental.

Los resultados de esta investigación, concuerdan con el estudio de Armijos y Lozano (2021), donde el grupo de países de ingresos medios altos y medios bajos incentiva la Inversión Extranjera Directa y desarrollo financiero, al incremento de emisiones de CO₂. Otro estudio que concuerda con estos resultados, es el estudio de Freire, Meneses y Cuesta (2021) donde los países latinoamericanos con un ingreso per cápita menor de 10,380 USD, como es el caso de México, son refugio de contaminación gracias a la Inversión Extranjera Directa. En el mismo sentido, también concuerdan con el estudio de Ochoa, Quito y Moreno (2021), en donde investigan a los países latinoamericanos, donde la Inversión Extranjera Directa incrementa las emisiones de dióxido de carbono. Los resultados del estudio de Essando, Islama y Kakinaka (2020), también concuerdan con los resultados arrojados, debido a que existe una relación positiva a largo plazo entre emisiones de dióxido de carbono y entrada de Inversión Extranjera Directa exclusivamente para países de bajos ingresos, convirtiéndolos en paraíso de contaminación. Por último, también los resultados coinciden con el estudio elaborado por Solarin y Al-Mulali (2018), donde la inversión extranjera directa contribuye en las emisiones de dióxido de carbono, la huella de carbono y la huella ecológica en 20 países en desarrollo.

Pruebas de diagnóstico en los residuales

Para conocer si los modelos mínimos cuadrados ordinarios y mínimos cuadrados completamente modificados son confiables para realizar estimaciones, se realizan las pruebas de diagnóstico en los residuales de normalidad, heterocedasticidad y correlación en los residuales. Para la validación de los modelos, los residuales deben ser independientes, distribuidos normalmente con media cero y varianza (Wooldridge, 2010). A continuación, se muestran en la tabla 5 los resultados respectivos de las pruebas de diagnóstico en los residuales de ambos modelos.

Tabla 5
Pruebas de diagnóstico

Pruebas	OLS		FMOLS
Normalidad	Jarque-Bera	1.630 (Prob 0.443)	Jarque-Bera 1.621 (Prob 0.445)
Heterocedasticidad	F-statistic	0.721 (Prob 0.721)	
Correlación	F-statistic	1.903 (Prob 0.172)	

Elaboración propia con Software Eviews versión 12

Como se observa en la tabla 5, en el modelo de mínimos cuadrados ordinarios, los residuales siguen una distribución normal, son independientes y homocedásticos.

También se observa que el modelo de mínimos cuadrados ordinarios completamente modificados, los residuales siguen una distribución normal.

Ambos modelos cumplen con las pruebas de diagnóstico en los residuales por lo tanto son modelos confiables para realizar inferencias y estimaciones.

CONCLUSIONES

La degradación ambiental es fundamental estudiarla debido al aumento de las preocupaciones por los efectos del comercio entre naciones de las llamadas “Fugas de carbono”. La presente investigación tiene por objetivo examinar el impacto de la IED de EUA, el PIB, la AC y el consumo de ER, en las emisiones de CO₂ en México durante el período 1990 – 2019. Se utilizaron modelos econométricos de series de tiempo para conocer el impacto de cada variable en las emisiones de CO₂. Los principales resultados indican que la IED de EUA, el PIB, la AC, el uso de energías renovables y las emisiones de CO₂, están integradas en orden I(1) y existe una relación de equilibrio o de largo plazo entre ellas. Las elasticidades de largo plazo muestran una relación positiva entre la IED de EUA, el PIB y la AC con respecto a las emisiones. Esto implica que un aumento en cualquiera de estas variables provocará que aumenten las emisiones, generando mayor degradación ambiental. Por otro lado, existe una relación negativa entre el uso de energías renovables y las emisiones. Esto implica que el aumento de uso de energías renovables ayudará a reducir las emisiones, contribuyendo a una menor degradación ambiental. Además, la estimación del coeficiente de la variable consumo de energías renovables, es el más alto con una relación negativa, por lo tanto, tiene un impacto importante y significativo para reducir las emisiones de dióxido de carbono.

Por lo tanto, con base en los resultados de esta investigación se concluye que la IED de EUA contribuyó al incremento de las emisiones de dióxido de carbono en México en el período 1990 - 2019, teniendo un impacto negativo, generando degradación ambiental y convirtiendo a México en un país paraíso de contaminación. Estos resultados concuerdan con investigaciones muestra-

das en la revisión de la literatura donde los países en vías de industrialización o en vías de desarrollo son países refugio de contaminación principalmente por países industrializados, además estos resultados concuerdan con la Hipótesis Paraíso de Contaminación. Es por ello que con base a los resultados de esta investigación se recomienda promover políticas ambientales más estrictas y efectivas sobre la IED, así como incentivar el uso de energías renovables, para mitigar las emisiones de dióxido de carbono y con ello reducir la degradación ambiental, a fin de cumplir con los compromisos internacionales de un 22% las emisiones de gases de efecto invernadero y en 51% las emisiones de dióxido de carbono para 2030. En futuras investigaciones referente al tema, sería importante incluir otras medidas de degradación ambiental del país y otros determinantes como la desigualdad de la distribución del ingreso, el desarrollo financiero y la complejidad económica.

REFERENCIAS

- Armijos, J., & Lozano, E. (2021). *Efectos de la inversión extranjera directa y el desarrollo financiero en las emisiones de CO2 a nivel global y por grupos de países* *Effects of foreign direct investment and financial development on CO2 emissions at the global level and by country grouping* Fecha de recepción. 9.
- Baek, J., & Choi, Y. J. (2017). Does foreign direct investment harm the environment in developing countries? Dynamic panel analysis of Latin American countries. *Economies*, 5(4). <https://doi.org/10.3390/economies5040039>
- BM. (2022). *Banco Mundial*. <https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.KT>.
- BM. (2023). *Banco Mundial. Banco de datos para México*. <https://datos.bancomundial.org/pais/mexico>.
- 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*, 427–431.
- Engle, R. F., & Granger, C. W. J. (1987). Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. *Econometrica*, 55, 251–276.
- Essandoh, O. K., Islam, M., & Kakinaka, M. (2020). Linking international trade and foreign direct investment to CO2 emissions: Any differences between developed and developing countries? *Science of the Total Environment*, 712. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136437>
- Field, B. (1995). *Economía Ambiental*. McGraw-Hill.
- Freira, V., Meneses, K., & Cuesta, G. (2021). América Latina: ¿Un paraíso de la contaminación ambiental? *Revista de Ciencias Ambientales*, 55(2), 1–18. <https://doi.org/10.15359/rca.55-2.1>

- Gauss, C. F. (1809). *Theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis solem ambientum* (Vol. 2). Reimpreso en 1963, Dover.
- GCA. (2019). *Global Carbon Atlas*. [Http://Www.Globalcarbonatlas.Org/Es/Content/Welcome-Carbon-Atlas](http://www.globalcarbonatlas.org/Es/Content/Welcome-Carbon-Atlas).
- GOB. (2013, December 20). *Gobierno de la República. Reforma Energética*. [Https://Www.Gob.Mx/Cms/Uploads/Attachment/File/10233/Explicacion_ampliada_de_la_Reforma_Energetica1.Pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/data/file/10233/Explicacion_ampliada_de_la_Reforma_Energetica1.Pdf).
- González, C., Henao, C., & Elías, C. (2018). *Determinantes de las emisiones de CO2 en los países latinoamericanos*.
- Grossman, G., & Krueger, A. (1991). Environmental Impact of a North American Free Trade Agreement. *National Bureau of Economic Research, Working Paper 3914*.
- INEGYCEI. (2021, October 5). *Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero*. [Https://Www.Gob.Mx/Inecc/Articulos/Presenta-Inecc-El-Inventario-Nacional-de-Emisiones-de-Gases-y-Compuestos-de-Efecto-Invernadero-1990-2019-284532?State=published#:~:Text=Los%20resultados%20de%20la%20actualizaci%C3%B3n,Di%C3%B3xido%20de%20carbono%20\(CO2\)%2C](https://www.gob.mx/inecc/articulos/presenta-inecc-el-inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero-1990-2019-284532?state=published#:~:Text=Los%20resultados%20de%20la%20actualizaci%C3%B3n,Di%C3%B3xido%20de%20carbono%20(CO2)%2C).
- Jiménez, L. (2001). *Desarrollo Sostenible y Economía Ecológica*. Síntesis.
- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Economic Dynamics and Control*, 12, 231–254.
- Johansen, S. (1991). The role of the constant term in cointegration analysis of non stationary variables. *University of Copenhagen, Institute of Mathematical Statistics*.
- Kuznets, S. (1955). Economic Growth and Income Inequality. *American Economic Review*, 45, 1–28.
- Labandeira, X., Leon, C., & Vázquez, M. (2007). *Economía Ambiental*. Pearson Educación, S.A.
- Ochoa, M. W. S., Quito, B. A., & Moreno, H. C. A. (2021). Foreign direct investment and environmental quality: Revisiting the ekc in latin american countries. *Sustainability (Switzerland)*, 13(22). <https://doi.org/10.3390/su132212651>
- ONU. (2019). *Organización de las Naciones Unidas*. [Https://Www.Un.Org/Development/Desa/Es/about/Conferences.Html](https://www.un.org/development/desa/es/about/conferences.html).
- Panayotou, T. (1993). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development. *World Employment Research Programme. International Labour Office, Geneva*.
- Phillips, P. C. B., & Hansen, B. E. (1990). *Statistical Inference in Instrumental Variables Regression with I (1) Processes*. <https://academic.oup.com/restud/article-abstract/57/1/99/1610097>
- RNIE. (2021). *Registro Nacional de Inversiones Extranjeras*. [Https://Www.Gob.Mx/Cms/Uploads/Attachment/File/619545/Informe_Congreso-2020-4T.Pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/data/file/619545/Informe_Congreso-2020-4T.Pdf).

- SE. (2023). *Secretaría de Economía. Datos abiertos: Información estadística de la Inversión Extranjera Directa*. <https://Datos.Gob.Mx/Busca/Dataset?Q=inversion%20extranjera&>.
- Shafik, N., & Bandyopadhyay, S. (1992). Economic growth and environmental quality: time series and cross-country evidence. *World Bank, WPS 094*.
- Solarin, S. A., & Al-Mulali, U. (2018). Influence of foreign direct investment on indicators of environmental degradation. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(25), 24845–24859. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2562-5>
- Trallero, P. (2019). Estudio del impacto de la Inversión Extranjera Directa y el Comercio en las emisiones de CO2 en el sudeste asiático. *Facultad de Economía y Empresa. Universidad de Zaragoza*.
- Wooldridge, J. M. (2010). *Introducción a la econometría*. Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.
- Xie, Q., Wang, X., & Cong, X. (2020). How does foreign direct investment affect CO2 emissions in emerging countries? New findings from a nonlinear panel analysis. *Journal of Cleaner Production*, 249. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119422>