

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

# Índice de contaminación ambiental, consumo de energía no renovable, y políticas de eficiencia energética en Ecuador

## Environmental pollution index, non-renewable energy consumption, and energy efficiency policies in Ecuador

Stefania Pinzón  <sup>1</sup> | Patricia Guerrero-Riofrío  <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Madrid

<sup>2</sup>Universidad Técnica Particular de Loja

### Correspondencia

Stefania Pinzón, Universidad Autónoma de Madrid.

Email: [yajaira.pinzon@estudiante.uam.es](mailto:yajaira.pinzon@estudiante.uam.es)

### Fecha de recepción

Octubre 2023

### Fecha de aceptación

Diciembre 2023

### RESUMEN

La degradación ambiental está estrechamente vinculada a actividades económicas como la producción agrícola e industrial y el consumo de energía proveniente de fuentes no renovables. En el panorama global, la quema de combustibles fósiles representa el pilar fundamental del sistema energético. En Ecuador, las emisiones de gases contaminantes alcanzan aproximadamente 40.5 millones de toneladas anuales. Además, las características estructurales de este país son responsables de las emisiones de metano, azufre y otros contaminantes. En este contexto, el objetivo de esta investigación fue analizar la relación entre el índice de contaminación ambiental y el consumo de energía no renovable en Ecuador durante el período 1970-2019. Esta relación se modeló a través de la implementación de políticas de eficiencia energética. Los datos fueron extraídos de los Indicadores de Desarrollo Mundial (2020) y Our World in Data (2021). La metodología incluye el uso de técnicas de cointegración de series de tiempo, modelos de vectores autorregresivos, modelos de corrección de error y pruebas de causalidad. Los resultados del estudio revelaron que existe una relación de equilibrio tanto a corto como a largo plazo entre el consumo de energía no renovable y el índice de contaminación ambiental; así como, una relación causal. Por lo tanto, las políticas futuras deben orientarse hacia el fomento del uso de energías renovables para lograr un crecimiento económico sostenible.

**Palabras clave:** Índice de contaminación ambiental, Energía no renovable, Eficiencia energética.

**Códigos JEL:** Q53. Q32. Q42. O50.

### ABSTRACT

Environmental degradation is closely linked to economic activities such as agricultural and industrial production and the consumption of energy from non-renewable sources. In the global panorama, the burning of fossil fuels represents the fundamental pillar of the energy system. In Ecuador, emissions of polluting gases reach approximately 40.5 million tons annually. Furthermore, the structural characteristics of this country are responsible for the emissions of methane, sulfur and other pollutants. In this context, the objective of this research was to analyze the relationship between the environmental pollution index and non-renewable energy consumption in Ecuador during the period 1970-2019. This relationship was modeled through the implementation of energy efficiency policies. The data was extracted from the World Development Indicators (2020) and Our World in Data (2021). The methodology includes the use of time series cointegration techniques, vector autoregressive models, error correction models and causality tests. The results of the study revealed that there is both a short-term and long-term balance relationship between non-renewable energy consumption and the environmental pollution index; as well as a causal relationship. Therefore, future policies must be oriented towards promoting the use of renewable energy to achieve sustainable economic growth.

**Keywords:** Environmental pollution index, Non-renewable energy, Energy efficiency.

**JEL codes:** Q53. Q32. Q42. O50.

## 1 | INTRODUCCIÓN

El aumento de la contaminación ambiental se debe principalmente a la concentración de los gases efecto invernadero (GEI) que se producen por acción antropogénica (León, 2017). De acuerdo con Águila et al. (2011), la producción de energía y el estado del medio ambiente tienen una estrecha relación. Las necesidades de consumo motivan a que la población recurra a la naturaleza siempre en busca de recursos para su subsistencia. Además, provocan una extracción excesiva de recursos naturales y la generación de desechos. Especialmente, es el caso de los países en desarrollo, donde la regulación ambiental es baja (Sarkodie, 2021). Por otro lado, el agotamiento acelerado de los recursos naturales y la enorme destrucción ecológica han afectado gravemente el crecimiento económico mundial, el bienestar social y las mejoras en la salud humana (Yue et al., 2019). Por su parte, Nadal y Aguayo (2020) señalan que el deterioro ambiental se encuentra relacionado con la naturaleza y la dinámica del sistema económico. Asimismo, Falconí et al. (2016) señala que, la contaminación del medio ambiente es el resultado de los patrones de consumismo de la población. Por consiguiente, cuando el ingreso per cápita aumenta, el nivel de consumo de materias primas y de energía es mayor, lo cual conlleva implicaciones importantes en términos de sustentabilidad ambiental y económica. Las emisiones de GEI generan una diversidad de problemas a diferentes escalas. En el ámbito global, las emisiones se relacionan con el efecto invernadero, el calentamiento global y la destrucción de la capa de ozono. En el ámbito local, surgen enfermedades respiratorias o dermatológicas en la población, pérdidas agrícolas, entre otras (Lecaros y Viale, 2008; Alvarado y Toledo, 2017; Alvarado et al., 2021). Por otra parte, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018) señaló que alrededor de siete millones de personas mueren por la exposición a partículas de aire contaminado. Estos datos muestran que la contaminación ambiental tiene múltiples aspectos negativos para el sistema económico, en particular cuando las políticas pro ambientales son postergadas por los costos económicos que generan.

La generación de residuos sólidos es otra causa del crecimiento de los GEI, el cual representa el 3 % de las emisiones contaminantes totales (European Environmental Agency [EEA], 2020). En Ecuador las emisiones representan el 0,06 % del total mundial de emisiones contaminantes (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2018). Las emisiones totales de los GEI ascienden a 80.627,16 Gg de CO<sub>2</sub> equivalentes, de los cuales el sector de la energía genera el mayor aporte con el 46,63 %; seguido del sector del uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura (USCUSS) con el 25,35 % de las emisiones totales netas. El tercer lugar lo ocupa el sector agricultura con el 18,17 % de los GEI emitidos a la atmósfera. Las mayores emisiones se encuentran en las ciudades de Quito y Guayaquil con 157 y 150 (kt CO<sub>2</sub> equivalentes, respectivamente, seguidos por Cuenca con 35 (kt CO<sub>2</sub>-eq) (Solíz et al., 2020). Una parte de la población que se especializa en la ganadería, provoca que las emisiones de metano sean significativas.

Varias investigaciones previas han destacado algunos determinantes de las emisiones de GEI o de algunos de los gases de forma individual. Sin embargo, la evidencia parcial no ofrece un marco sólido de análisis para obtener conclusiones realistas. En este escenario, el objetivo de esta investigación fue examinar la relación entre un índice de contaminación ambiental y el consumo de energía no renovable moderado por la implementación de políticas de eficiencia energética en Ecuador. Se utilizó datos de los Indicadores de Desarrollo Mundial (WDI) y de Our World in Data (2021) durante el periodo de 1970-2019. El índice de contaminación ambiental construido incluye el monóxido de carbono, el dióxido de azufre, óxido de nitrógeno, PM<sub>2.5</sub>, amoníaco, dióxido de nitrógeno, metano, y dióxido de carbono. La combinación del conjunto de gases en un solo indicador sintético permite obtener un marco amplio e integral de la contaminación ambiental y mejorar las implicaciones de política

pro ambiental. En todas las regresiones econométricas, el índice de contaminación ambiental es la variable dependiente. Mientras que, la variable independiente es el consumo de energía no renovable. Además, con el fin de evaluar el impacto de las políticas pro ambientales en el índice de contaminación ambiental, incluimos la política de eficiencia energética adoptada por el gobierno en el año 2008. Para el alcance del objetivo propuesto, se empleó técnicas de cointegración de series de tiempo, modelos de vectores autorregresivo (VAR), modelos de corrección de error (VEC), y el modelo de causalidad tipo Granger. Finalmente, con el fin de incorporar la realidad económica nacional, incluimos un grupo de variables de control como el consumo de energía renovable, la inversión extranjera directa, el producto real per cápita.

Por otro lado, en relación a la teoría económica, no existe una específica en sí, que nos pueda ayudar a enlazar a las principales variables de estudio, como son la contaminación ambiental y el consumo de energía no renovable, pero sí existe evidencia empírica que nos ayudará a sustentar la hipótesis planteada. Entre los autores se encuentran, Khan et al. (2021); Mahalik et al. (2021); Nathaniel y Khan (2020), quienes confirmaron que el papel del consumo de energía no renovable produce un agotamiento de la calidad ambiental y que más de la mitad del efecto invernadero procede de las emisiones de CO<sub>2</sub>. En cuanto, a los resultados obtenidos se pudo verificar que existe una relación positiva entre la contaminación y consumo de energía no renovable. Debido a que, en la matriz energética del Ecuador, el 82 % se soporta del consumo de derivados de petróleo, como diésel, gasolina y GLP. Así mismo, se valida la hipótesis, de que los niveles de contaminación ambiental se incrementan como resultado de un mayor consumo de energía no renovable. Además, se evidenció que existe una relación de corto y largo plazo entre la contaminación ambiental y consumo de energía no renovable, durante el periodo de análisis. Posteriormente, el estudio aporta a la literatura empírica, porque se utiliza un índice que captura de manera más integral la contaminación ambiental.

Finalmente, el presente trabajo de investigación está estructurado de la siguiente manera: en el segundo apartado, se muestra la revisión de literatura en la cual se describen las investigaciones teóricas y empíricas relacionadas con el tema de estudio. En la tercera sección se describen los datos. En la cuarta sección se desarrolla estrategia econométrica. En la quinta sección se presentan los resultados relevantes de la investigación. En la sexta sección se realiza la discusión, donde se comparan con otros estudios. En la séptima sección se exponen las conclusiones más importantes; seguidamente, se describen las implicaciones de política.

## 2 | REVISIÓN DE LITERATURA

A partir de la revolución industrial, las problemáticas ambientales comenzaron a tener preponderancia y su impacto se proyectó de manera exponencial (Celemin, 2007). Asimismo, Jevons (1865) advertía que provocaría un agotamiento de los depósitos de carbón en Inglaterra. En cuanto, a Pigou (1920) dio paso a la teoría de las externalidades, donde las acciones de ciertos bienes provoca un impacto en el medio ambiente. Por otro lado, Hotelling (1931) se refirió a la comparación de la rentabilidad entre el costo de oportunidad de la explotación del recurso con el costo de oportunidad del capital inmovilizado. Por su parte, Kuznets (1955) mostró acerca de la relación entre la distribución del ingreso y el crecimiento económico. Pero fueron, Grossman y Krueger (1991) quienes introdujeron el concepto de curva ambiental de Kuznets (CAK), una relación en forma de U invertida entre el ingreso y los niveles de emisión de contaminantes. Finalmente, Wackernagel y Rees (1996) desarrollaron un indicador como es la huella ecológica, con el propósito de evaluar la sustentabilidad de los patrones de consumo de una población determinada.

## 2.1 | Relación empírica entre el consumo de energía no renovable y la contaminación ambiental

La dependencia masiva del uso de combustibles fósiles, con la finalidad de lograr una mayor industrialización y urbanización ha provocado daños irreversibles en el medio ambiente, a nivel mundial. Un estudio realizado por Mahalik et al. (2021) para un grupo de países de los BRICS, revelaron que la contaminación en gran parte es consecuencia de las actividades antropogénicas. Por otra parte, Al-Mulali y Ozturk (2015) encontraron que la mayor parte del uso de energía de la región MENA proviene de combustibles fósiles, que representan un 80% del uso total de energía. Por otra parte, Belaïd y Zrelli (2019) por medio de técnicas de cointegración, para un investigación de un grupo de países del Mediterráneo, afirmaron que la contaminación ambiental es un fenómeno intrincado que surge de interacciones complejas entre tres parámetros: economía, energía y medio ambiente. Del mismo modo, Nathaniel y Khan (2020) hallaron que el consumo de energía tiene un impacto perjudicial sobre la calidad ambiental, ya que la energía consumida en la región de ASEAN es predominantemente no renovable. Seguidamente, Deng et al. (2020) descubrieron que en la mayoría de los países de América del Sur dependen en gran medida de la minería, la agricultura y que está asociado al consumo de recursos energéticos no renovables. Luego, Khan et al. (2021) revelaron que Estados Unidos, ha experimentado un tremendo crecimiento económico a costa de la calidad ambiental, puesto que, consume alrededor del 25% de la energía total producida en el mundo.

A continuación, Asongu et al. (2020); Awodumi y Adewuyi (2020); Nathaniel y Iheonu (2019); examinaron el papel del consumo de energía no renovable en África, adoptando pruebas de cointegración y raíz unitaria de primera y segunda generación, sus hallazgos confirmaron que la energía no renovable aumenta las emisiones de CO<sub>2</sub> de manera significativa. Agregando a lo anterior, Bélaïd y Youssef (2017); Saboori y Sulaiman (2013) ratificaron la existencia de una relación de cointegración a largo plazo entre el crecimiento económico y la explotación masiva de los recursos naturales. De forma similar, Shirwani et al. (2020) manifestaron que la degradación ambiental se agrava con el uso de recursos energéticos no renovables y que el principal consumidor de este recurso es el sector del transporte en Pakistán. Por otro lado, Nadimi y Tokimatsu (2017) por medio de un enfoque econométrico, explicaron que los combustibles fósiles emiten dióxido de carbono y dióxido de azufre al medio ambiente en Japón. Finalmente, Rentería et al. (2016) para el caso de Ecuador, expusieron que las consecuencias ambientales resultan del uso de energías no renovables.

## 2.2 | Relación de la contaminación ambiental con otras variables de estudio

El uso de energías renovables y la innovación tecnológica son la forma más plausible de reducir el deterioro ambiental. En un estudio para la Unión Europea, Alola et al. (2019) revelaron que la incorporación de tecnologías energéticas más eficientes, modernas y limpias, son el requisito previo para lograr una economía descarbonizada. De la misma manera, Ulucak et al. (2020), mostraron que la energía renovable reducen la huella ecológica y la huella de carbono, mientras se proporcione más tecnología e innovación en los sectores energéticos. Mientras que, Anwar et al. (2021) utilizando un método novedoso de regresión cuantílica, sus hallazgos coincidieron que, ante un aumento del 1% en el uso de energía renovable se reduce las emisiones de CO<sub>2</sub> en 0,17% para la región ASEAN. Posteriormente, Adams y Nsiah (2019); Wang y Dong (2019) mediante técnicas de cointegración de panel de segunda generación, sus resultados corroboraron que la región africana tiene un enorme

potencial de desarrollo de energías renovables. Por otra parte, Sarkodie et al. (2020) en un estudio realizado para China encontraron que, ante un aumento de la participación de las tecnologías de fuentes renovables reducen las emisiones en un 0,38% y la degradación ambiental en un 0,21%. Por último, Muchran et al. (2020) utilizando un modelo ARDL descubrieron que la adopción de mecanismos ecológicos en cada etapa de los procesos de producción es importante para mejorar la calidad del medio ambiente en Indonesia.

En base a la IED, Emre Caglar (2020); Waqih et al. (2019) encontraron evidencia a favor de la hipótesis del refugio de la contaminación, advirtieron que los países con políticas ambientales débiles son atractivos para países con políticas ambientales estrictas. Por su parte, Sinha et al. (2017) tomando como referencia a un grupo de países de las economías N-11 demostraron que la inversión en tecnologías limpias tiene un impacto positivo en la calidad ambiental. Seguidamente, Mahjabeen et al. (2020) descubrieron que la inversión en los procesos de producción tiene un impacto positivo en el crecimiento económico y en la calidad ambiental. Finalmente, Saint et al. (2019) sustentan que la IED genera un medio ambiente más limpio mediante la transferencia de tecnología avanzada.

En contraste, con el crecimiento económico, Destek y Sinha (2020); Ozcan et al. (2020); Rehman y Rashid (2017); Sharif et al. (2019), examinaron la validez de la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets y encontraron evidencia a favor de la misma. Luego, Dogan y Inglesi (2017); Moutinho et al. (2017); Nwaka et al. (2020) manifestaron que, el crecimiento económico implica un masivo consumo de recursos naturales, generación de desechos y contaminación. Por otro lado, Pandey y Rastogi (2019) explicaron que, hasta la actualidad se han venido utilizado cantidades masivas de combustibles fósiles como fuente de energía para impulsar la economía en la India. Seguidamente, Alam et al. (2007) en un estudio realizado para Pakistán indicaron que el proceso de desarrollo económico depende en gran parte del nivel de uso de energía que provoca un incremento de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Finalmente, en relación con la política de eficiencia energética, Catalán (2014) en una investigación para un grupo de 144 países, asevera que la eficiencia energética es una de las principales variables que inducen una reducción en el consumo de energía de origen fósil. Así mismo, Balsalobre et al. (2016) manifestaron que, resulta lógico considerar a las medidas de eficiencia energética en la OCDE, ya que tienen un papel preponderante en la reducción de emisiones GEI. Consecutivamente, Sánchez y Caballero (2019) expresan que, las relaciones entre la energía y los factores productivos pueden transformar su rol en relación con el crecimiento económico. Mientras que, Falconí y Burbano (2016) explicaron que, ante incrementos en la eficiencia energética implicaría una mayor demanda de energía. Afirmaciones que concuerdan con estudios de Jevons (1865), donde manifestaba que el cambio hacia energías más eficientes, conllevan a un mayor consumo energético.

## 3 | DATOS Y FUENTES ESTADÍSTICAS

La información estadística recopilada para el desarrollo de la presente investigación se tomó de los Indicadores del Desarrollo Mundial (WDI, 2020) y de Our World in Data (OWID, 2020) correspondientes al periodo 1970 - 2019. Donde únicamente las variables relacionadas con el consumo de energía fueron tomadas de la base de datos de OWID. La estimación del modelo se realizó mediante técnicas econométricas de series de tiempo, para ello, se consideró como variable dependiente un índice de contaminación obtenido a partir de tres medidas: el metano (kt de equivalente de CO<sub>2</sub>), las emisiones de dióxido de nitrógeno (miles de toneladas métricas de equivalente de CO<sub>2</sub>) y el dióxido de carbono (toneladas métricas por cápita).

La ventaja de utilización de este índice es que captura de forma más integral la contaminación ambiental, se construye con los valores promedio de cada subíndice y los subíndices se construyen mediante una fórmula que permite relativizar el valor obtenido de cada una de las variables. Cabe mencionar que, es una adaptación de un índice elaborado por Alvarado (2011).

En cuanto, a la variable independiente se utilizó el consumo de energía no renovable que según la literatura empírica la mayor

parte del uso de energía, proviene de combustibles fósiles. Además, se incluyó un conjunto de variables de control que permitieron dar un mayor ajuste al modelo y obtener nuevas determinantes de la contaminación ambiental. Entre ellas se encuentran: el consumo de energía renovable, la Inversión Extranjera Directa, el PIB per cápita. Finalmente, se agregó la política de eficiencia energética que es una de las principales variables que inducen a una reducción del consumo de energía de origen fósil. En la Tabla 1 se muestra la descripción de las variables utilizadas en el modelo econométrico.

Tabla 1. Descripción de las variables

Tipo de variable	Variable y notación	Unidad de medida	Fuente de datos	Definición	
Dependiente	Contaminación ambiental (IP)	Índice	WDI	CH4	Las emisiones de metano de desechos sólidos, ganado, minería de carbón duro y lignito, arrozales, agricultura y fugas de tuberías de gas natural.
			WDI	NO2	Las emisiones de óxido nitroso son generadas por la quema de biomasa en la agricultura, las actividades industriales y la cría de animales.
			WDI	CO2	Las emisiones de dióxido de carbono proceden de la quema de combustibles fósiles y de la fabricación del cemento.
Independiente	Consumo de energía no renovable (logNER)	Proporción del consumo de energía que proviene de combustibles fósiles	OWID	El combustible fósil comprende los productos de carbón, aceite, petróleo y gas natural.	
Variables de control	Consumo de energía renovable (logER)	Proporción del consumo de energía que proviene energías renovables	OWID	El consumo de energía renovable es la participación de la energía renovable en el consumo total de energía final.	
	Inversión Extranjera Directa (IED)	Entrada neta de capital % del PIB	WDI	La inversión extranjera directa constituye la suma del capital accionario, la reinversión de las ganancias y otras formas de capital.	
Dummy	PIB per cápita (logYpc)	US\$ a precios constantes de 2010	WDI	Es la suma del VAB de todos los productores residentes en la economía más todo impuesto a los productos.	
			WDI	Política (Pol)	1 para años en que se aplicó la política y 0 para los cuales no se implementó. Captura el cambio de los niveles de contaminación en el ambiente, desde el 2008, año que entró en vigencia la política de eficiencia energética.

Nota: Elaborado por los autores. Adaptado del Banco Mundial (2020) y de Our World in Data (OWID, 2020).

Continuando con el análisis, en la Tabla 2 se puede verificar los estadísticos descriptivos de cada una de las variables, se detalla un total de 50 observaciones. Asimismo, se observa la media que manifiesta el valor promedio de los datos de cada variable. En cuanto, a las variables que miden la contaminación ambiental el metano (CH4) presentan una media de 9,83 % mayor a todas las variables. Otro estadístico que permite complementar este análisis es la desviación estándar, que mide el grado en que las puntuaciones de una

variable se aleja de su media y que tan dispersos se encuentran los datos con respecto a la media, en este sentido, la IED es la variable que presentan mayor dispersión de sus datos puesto que su valor es de 1,14. Finalmente, los mínimos indican los valores más pequeños y los máximos indican los valores más grandes, que nos permite verificar la amplitud entre el valor más grande (máximo) y el más pequeño (mínimo), es decir, el rango entre el cual cada una de las variables van a presentar sus datos cada año.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de las variables

Variables	Observaciones	Media	Desviación estándar	Mínimos	Máximos
LogCH4	50	9,8315	0,6269	8,3486	10,6363
LogN2O	50	8,2141	0,3187	7,5401	8,6033
LogCO2	50	9,4974	0,4550	8,7058	9,9869
LogNER	50	4,3567	0,1529	3,8527	4,5058
LogER	50	2,9893	0,3295	2,4937	3,4694
IED	50	1,2922	1,1414	-0,2188	5,8855
LogYpc	50	8,2731	0,1825	7,8191	8,5963
Pol	50	0,2200	0,4184	0	1

## 4 | ESTRATEGIA ECONÓMICA

La presente investigación tiene como finalidad examinar la relación entre la contaminación ambiental y consumo de energía no renovable e implementación de políticas de eficiencia energética en Ecuador, periodo 1970-2019, por esa razón para dar cumplimiento al objetivo planteado, la estrategia econométrica se dividió en tres partes: primero, se estimó un modelo de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) con la finalidad de determinar el efecto y relación entre el consumo de energía no renovable y la contaminación ambiental, conjuntamente, con las variables de control. Segundo, se empleó técnicas de cointegración de series de tiempo, mediante modelos de Vectores Autorregresivos (VAR) y Vectores de Corrección de Error (VEC) para comprobar si existe una relación a corto y/o largo plazo. Tercero, para verificar si existe una relación causal entre las variables, se utilizó la prueba de causalidad propuesta por Granger (1969).

Para dar cumplimiento al primer punto, se estimó un modelo MCO para series de tiempo, con el propósito de verificar el efecto que tiene la variable consumo de energía no renovable sobre la contaminación ambiental; además, se incorporó una variable dummy

(política) para capturar el efecto que tiene en la reducción de los niveles de contaminación ambiental. Se parte de la siguiente ecuación:

$$IP_t = \beta_0 + \beta_1 \log NER_t + \beta_2 Pol_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

Donde,  $IP_t$  es la variable dependiente, representa el índice de contaminación ambiental en el periodo (t).  $\beta_0$  es el intercepto en el tiempo.  $\beta_1 \log NER_t$  es la variable independiente, que mide el efecto del consumo de energía no renovable sobre la contaminación ambiental.  $\beta_2 Pol_t$  es la variable dummy, representa el cambio estructural del nivel de contaminación en el ambiente. Finalmente,  $\varepsilon_t$  representa el término de error. Seguidamente, se introduce a la ecuación (1) variables de control para dar mayor ajuste y significancia al modelo, las mismas que tienen una capacidad explicativa sobre la contaminación ambiental en Ecuador. Entre ellas, se agregan el consumo de energía renovable (logER), la inversión extranjera directa (IED) y el Producto Interno Bruto per cápita (logYpc). El modelo a estimar se denota de la siguiente forma:

$$IP_t = \beta_0 + \beta_1 \log NER_t + \beta_2 \log ER_t + \beta_3 \log IED_t + \beta_4 \log Ypc_t + \beta_5 Pol_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

Por otro lado, para verificar la existencia de una relación a largo y corto plazo en el modelo de investigación, se realizó un modelo de Vectores Autorregresivos (VAR) y un modelo de Vectores de Corrección de Error (VEC). Pero, antes de ello se deben cumplir dos características: las variables deben tener un mismo orden de integración (I) y al menos debe existir un vector de cointegración, cumpliendo estos requerimientos se puede estimar un modelo VAR. Se empleó la prueba de Dickey y Fuller aumentada (1979) y la de Phillips y Perron (1988), con la finalidad de comprobar que las varia-

bles no tengan un efecto tendencial, en caso de que se presentan problemas de esta índole se aplicará primeras diferencias. Posteriormente, para determinar el número de rezagos óptimos, se utilizó los criterios de información de: error de predicción final (FPE), Criterio de Akaike (AIC), Hannan y Quinn (HQIC) y Bayesiano de Schwarz (SBIC). Por otro lado, con el objetivo de confirmar la existencia de vectores de cointegración se dispondrá de la prueba de cointegración de Johansen (1988), el cual nos indicará el número de vectores de cointegración existentes en el modelo.

Una vez, teniendo en cuenta todo lo establecido en el apartado anterior, se empleó el modelo de Vectores Autorregresivos (VAR); con el fin, de comprobar si existe una relación en el largo plazo entre la contaminación ambiental (IP), consumo de energía no renovable

(logNER), consumo de energía renovable (logER), inversión extranjera directa (IED) y PIB per cápita (logYpc), el sistema de ecuaciones se plantea de la siguiente manera:

$$\Delta IP_t = \alpha_0 + \alpha_1 \sum_{i=1}^N \Delta \log NER_{t-1} + \alpha_2 \sum_{i=1}^N \Delta \log ER_{t-1} + \alpha_3 \sum_{i=1}^N \Delta IED_{t-1} + \alpha_4 \sum_{i=1}^N \Delta \log Ypc_{t-1} + \alpha_5 \sum_{i=1}^N \Delta IP_{t-1} + \varepsilon_{1t} \quad (3)$$

$$\Delta \log NER_t = \alpha_6 + \alpha_7 \sum_{i=1}^N \Delta \log ER_{t-1} + \alpha_8 \sum_{i=1}^N \Delta IED_{t-1} + \alpha_9 \sum_{i=1}^N \Delta \log Ypc_{t-1} + \alpha_{10} \sum_{i=1}^N \Delta IP_{t-1} + \alpha_{11} \sum_{i=1}^N \Delta \log NER_{t-1} + \varepsilon_{2t} \quad (4)$$

$$\Delta \log ER_t = \alpha_{12} + \alpha_{13} \sum_{i=1}^N \Delta IED_{t-1} + \alpha_{14} \sum_{i=1}^N \Delta \log Ypc_{t-1} + \alpha_{15} \sum_{i=1}^N \Delta IP_{t-1} + \alpha_{16} \sum_{i=1}^N \Delta \log NER_{t-1} + \alpha_{17} \sum_{i=1}^N \Delta \log ER_{t-1} + \varepsilon_{3t} \quad (5)$$

$$\Delta IED_t = \alpha_{18} + \alpha_{19} \sum_{i=1}^N \Delta \log Ypc_{t-1} + \alpha_{20} \sum_{i=1}^N \Delta IP_{t-1} + \alpha_{21} \sum_{i=1}^N \Delta \log NER_{t-1} + \alpha_{22} \sum_{i=1}^N \Delta \log ER_{t-1} + \alpha_{23} \sum_{i=1}^N \Delta IED_{t-1} + \varepsilon_{4t} \quad (6)$$

$$\Delta \log Ypc_t = \alpha_{24} + \alpha_{25} \sum_{i=1}^N \Delta IP_{t-1} + \alpha_{26} \sum_{i=1}^N \Delta \log NER_{t-1} + \alpha_{27} \sum_{i=1}^N \Delta \log ER_{t-1} + \alpha_{28} \sum_{i=1}^N \Delta IED_{t-1} + \alpha_{29} \sum_{i=1}^N \Delta \log Ypc_{t-1} + \varepsilon_{5t} \quad (7)$$

Donde,  $\Delta$  es el operador de primeras diferencias, luego de verificar la existencia de cointegración a largo plazo entre las variables, se adquiere el término de error de equilibrio  $\nabla$ , este vector se emplea para estimar el modelo de Vectores de Corrección de Error (VEC), para determinar la existencia de equilibrio de corto plazo

entre las variables de estudio. La significación estadística del parámetro asociado con el error de equilibrio incorporado en el  $\varepsilon_{t-1}$  muestra el mecanismo de corrección que devuelve a las variables de equilibrio en el corto plazo. El sistema de ecuaciones del modelo VEC queda planteado de la siguiente manera:

$$\Delta IP_t = \alpha_0 + \alpha_1 \sum_{i=1}^N \Delta \log NER_{t-1} + \alpha_2 \sum_{i=1}^N \Delta \log ER_{t-1} + \alpha_3 \sum_{i=1}^N \Delta IED_{t-1} + \alpha_4 \sum_{i=1}^N \Delta \log Ypc_{t-1} + \alpha_5 \sum_{i=1}^N \Delta IP_{t-1} + \alpha_6 \varepsilon_{t-1} + \lambda_{1t} \quad (8)$$

$$\Delta \log NER_t = \alpha_7 + \alpha_8 \sum_{i=1}^N \Delta \log ER_{t-1} + \alpha_9 \sum_{i=1}^N \Delta IED_{t-1} + \alpha_{10} \sum_{i=1}^N \Delta \log Ypc_{t-1} + \alpha_{11} \sum_{i=1}^N \Delta IP_{t-1} + \alpha_{12} \sum_{i=1}^N \Delta \log NER_{t-1} + \alpha_{13} \varepsilon_{t-1} + \lambda_{2t} \quad (9)$$

$$\Delta \log ER_t = \alpha_{14} + \alpha_{15} \sum_{i=1}^N \Delta IED_{t-1} + \alpha_{16} \sum_{i=1}^N \Delta \log Ypc_{t-1} + \alpha_{17} \sum_{i=1}^N \Delta IP_{t-1} + \alpha_{18} \sum_{i=1}^N \Delta \log NER_{t-1} + \alpha_{19} \sum_{i=1}^N \Delta \log ER_{t-1} + \alpha_{20} \varepsilon_{t-1} + \lambda_{3t} \quad (10)$$

$$\Delta IED_t = \alpha_{21} + \alpha_{22} \sum_{i=1}^N \Delta \log Ypc_{t-1} + \alpha_{23} \sum_{i=1}^N \Delta IP_{t-1} + \alpha_{24} \sum_{i=1}^N \Delta \log NER_{t-1} + \alpha_{25} \sum_{i=1}^N \Delta \log ER_{t-1} + \alpha_{26} \sum_{i=1}^N \Delta IED_{t-1} + \alpha_{27} \varepsilon_{t-1} + \lambda_{4t} \quad (11)$$

$$\Delta \log Ypc_t = \alpha_{28} + \alpha_{29} \sum_{i=1}^N \Delta IP_{t-i} + \alpha_{30} \sum_{i=1}^N \Delta \log NER_{t-i} + \alpha_{31} \sum_{i=1}^N \Delta \log ER_{t-i} + \alpha_{32} \sum_{i=1}^N \Delta IED_{t-i} + \alpha_{33} \sum_{i=1}^N \Delta \log Ypc_{t-i} + \alpha_{34} \varepsilon_{t-1} + \lambda_{5t} \quad (12)$$

Para dar respuesta al tercer punto, se usará la prueba de causalidad de Granger (1969), para comprobar si los efectos de una variable sirven para predecir a otra, es decir, si las variables incluidas en el modelo tienen alguna relación causal y directa en la contaminación ambiental. Por lo que, Uquillas y Gonzalez (2017), manifestaron que la relación causal desde las variables explicativas a la variable dependiente, es una característica de un modelo econométrico. Por su parte, Gujarati y Porter (2010) ratificaron que, la prueba de causalidad implica la estimación de dos regresiones:

$$X_t = \sum_{i=1}^n \alpha_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^n \beta_i X_{t-i} + \mu_{1t} \quad (13)$$

$$Y_t = \sum_{i=1}^n \lambda_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^n \delta_i X_{t-i} + \mu_{2t} \quad (14)$$

Donde,  $X_t$  y  $Y_t$  son dos variables estacionarias con  $t = 1, \dots, T$  y las perturbaciones  $\mu_{1t}$  y  $\mu_{2t}$  no están correlacionadas, es decir,  $\text{corr}(\mu_{1t}, \mu_{2t}) = 0$ . Además, las variables X y Y deben ser estacionarias, la dirección de la causalidad depende de manera crítica del número de retardos incluidos en la regresión.

## 5 | RESULTADOS

El modelo de regresión asume diversos supuestos estadísticos que determinan la validez de los resultados econométricos, así como la inferencia estadística. Para ello, se aplicó la prueba de factor de inflación de la varianza (FIV) con la finalidad de detectar problemas de multicolinealidad. En la Tabla 3 se puede observar, que los resultados arrojan una media de 6,85; lo cual nos confirma que se acepta la hipótesis nula de no multicolinealidad, debido a que el valor es inferior a 10.

Tabla 3. Prueba de factor de inflación de la varianza (FIV)

Variables	FIV	1/FIV
LogYpc	16,53	0,0605
LogNER	6,97	0,1435
LogER	5,52	0,1812
Pol	3,62	0,2765
IED	1,62	0,6189
Mean FIV	6,85	

Seguidamente, para tener datos confiables y obtener resultados representativos se procedió a realizar un modelo de mínimos

cuadrados generalizados (MCG) que es una extensión más eficiente de MCO. Que es aplicado cuando las varianzas de las observaciones son desiguales, puesto que, en nuestro modelo se encontró problemas de autocorrelación. En la Tabla 4, se observa que solo las variables consumo de energía no renovable (logNER) y la inversión extranjera directa (IED) son estadísticamente significativas. A partir de ello, se puede analizar lo siguiente, el logNER a medida que aumenta en un 1 %, la contaminación ambiental (IP) crece en 0,126 %. Debido a que, los combustibles fósiles son destinados a proveer la fuerza motriz de los procesos productivos industriales que mueven en gran parte el desarrollo de la economía ecuatoriana. En cuanto, a la IED, a medida que aumenta en 1 %, la IP aumenta en 0,0080 %. Estos resultados comprueban la existencia de la Hipótesis de Refugio de la Contaminación, ya que, en Ecuador no existen políticas ambientales estrictas y eso atractivo para inversores extranjeros.

Tabla 4. Resultados de la estimación del modelo mediante MCG

	Modelo
LogNER	0,1257** -2,8
Pol	-0,00104 (-0,09)
LogER	-0,0337 (-1,59)
IED	0,0080* -2,5
LogYpc	0,05 -1,02
Constante	0,3178 -0,92
Observaciones	50
Adjusted R2	0,428

Nota: Los valores entre paréntesis hacen referencia al estadístico t y los asteriscos indican el nivel de significancia de los coeficientes: \* p <0,05; \*\* p <0,01; \*\*\* p <0,001.

Por otro lado, aunque la política de eficiencia energética en el sector residencial no tuvo el efecto esperado, se encontró una relación inversa. Cabe mencionar que, esta política fue ejecutada a partir del año 2008, donde se entregaron 3.639.744 focos ahorradores a nivel nacional, con el propósito de reducir 450.000 ton CO2/año. Consecutivamente, la eficiencia energética induce a la reducción del consumo de energía de origen fósil y tiene un papel preponderante

en la reducción de emisiones GEI. En cuanto, al consumo de energía renovable (logER) tiene una relación inversa con la IP, aunque no es estadísticamente significativa. Finalmente, al agregar el PIB per cápita (logYpc) existe una relación positiva, es decir que a medida que el logYpc aumenta en 1 %, la contaminación aumenta en un 0,050 %. Al agregar variables de control, se comprobó un  $R^2$  ajustado de 0,428 que explican conjuntamente alrededor del 43% de las variaciones de la contaminación ambiental.

A continuación, en la Figura 1 se muestra el comportamiento de las variables en el periodo 1970-2019, se presenció de forma gráfica una conducta tendencial para la contaminación ambiental, consumo de energía no renovable, consumo de energía renovable y PIB per cápita. Posteriormente, se empleó pruebas formales desarrolladas por, Dickey y Fuller aumentada (1979), las mismas que fueron contrastadas por las pruebas de Phillips y Perron (1988), con la finalidad de verificar la estacionariedad de las series de tiempo y establecer el orden de integración de las variables.

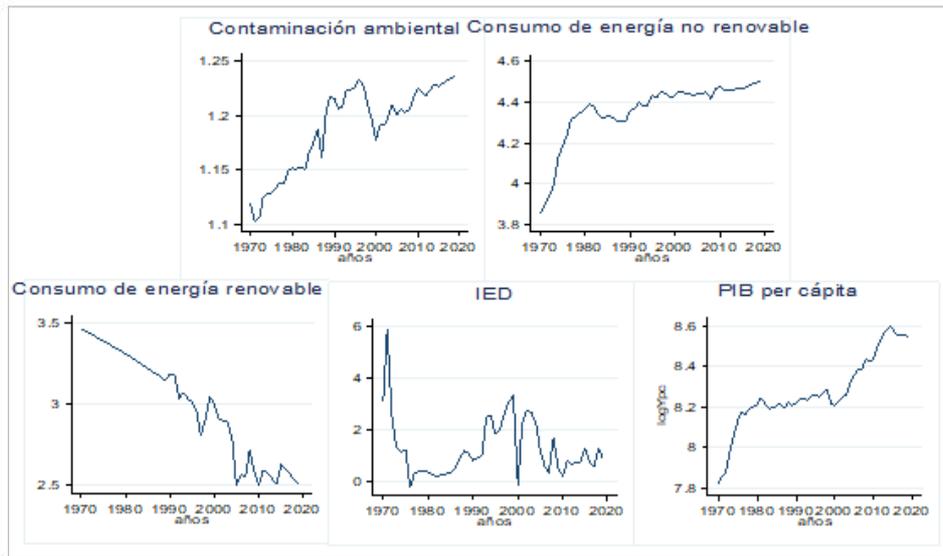


Figura 1. Comportamiento tendencial de las variables, periodo 1970 - 2019

Extendiendo el análisis cabe indicar que, la contaminación ambiental, el consumo de energía renovable y el PIB per cápita muestran problemas de raíces unitarias, para su corrección fue necesario generar primeras diferencias. Seguidamente, en la Figura 2 se puede

observar el comportamiento de las variables con primeras diferencias, de esta forma se verificó gráficamente que la contaminación ambiental, el consumo de energía no renovable, el consumo de energía renovable y el PIB per cápita pierden su efecto tendencial.

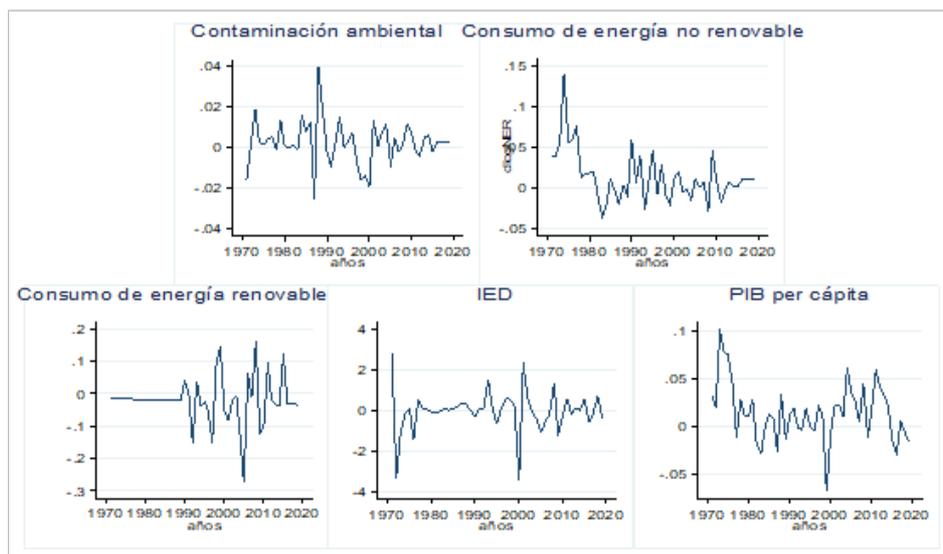


Figura 2. Comportamiento de las variables con primeras diferencias, periodo 1970 - 2019

Por otra parte, para comprobar que las variables no son estacionarias, se realizó pruebas formales, de esta manera se pudo identificar en la Tabla 5, que la contaminación ambiental, el consumo de energía no renovable, el consumo de energía renovable y el PIB per

cápita pierden su efecto tendencial dado que el valor calculado es mayor al valor crítico del 5 %, a pesar de que en ciertos niveles de significancia sea la excepción. De esta manera, se llega a la conclusión de que las variables tienen un orden de integración de I(1).

Tabla 5. Pruebas de raíz unitaria con primeras diferencias

Variables	Prueba de Dickey y Fuller aumentada				Prueba de Phillips y Perron				I(q)
	Valor calculado	1%	5%	10%	Valor calculado	1%	5%	10%	
IP	-7,475	-3,6	-2,94	-2,6	-7,553	-3,6	-2,94	-2,6	1
logNER	-4,515	-3,6	-2,94	-2,6	-4,557	-3,6	-2,94	-2,6	1
logER	-7,442	-3,6	-2,94	-2,6	-7,905	-3,6	-2,94	-2,6	1
IED	-9,922	-3,6	-2,94	-2,6	-10,069	-3,6	-2,94	-2,6	1
logYpc	-4,408	-3,6	-2,94	-2,6	-4,414	-3,6	-2,94	-2,6	1

Notas: El nivel de significancia del 1% (\*), 5% (\*\*) y 10% (\*\*\*), se encuentra representado por los asteriscos

Antes, de la estimación del modelo VAR, fue preciso realizar dos pasos: primero, establecer la longitud óptima de rezagos entre las variables del modelo econométrico, para el cual se basó en los criterios de información de Akaike (AIC) y Hannan y Quinn (HQIC), según los resultados, se sugiere emplear seis rezagos óptimos. Segundo, utilizar ese rezago con la finalidad de ejecutar la prueba de

cointegración de Johansen. En la Tabla 6, se comprueba que el estadístico de la traza (trace statistic) señala que existen dos vectores de cointegración para la relación entre la contaminación ambiental, consumo de energía no renovable, consumo de energía renovable, IED y PIB per cápita. Con un nivel de significancia al 5% y un valor de 21,267 inferior a 29,68.

Tabla 6. Prueba de cointegración de Johansen

Máximo Rank	Parms	LL	Valor propio	Prueba de la traza	5% Valor crítico
0	130	455,282	.	107,379	68,52
1	139	481,67	0,706	54,602	47,21
2	146	498,338	0,539	21,267*	29,68
3	151	503,14	0,200	11,663	15,41
4	154	506,469	0,143	5,005	3,76
5	155	508,971	0,109		

Posteriormente, se efectuó el modelo VAR. En la Tabla 7, se observa que los valores de  $P > \chi^2$  son menores a 0,05; lo que refleja que existe una fuerte relación a largo plazo entre la contaminación ambiental, consumo de energía no renovable, consumo de energía renovable, IED y PIB per cápita, ya que sus valores son estadísticamente significativos. El modelo presenta un total de 31 parámetros, el error cuadrático medio (RMSE) mide la cantidad de error que hay entre dos conjuntos de datos; en otras palabras, compara un valor predicho y un valor observado o conocido de las variables y el R-sq mide la proporción de variación de la variable dependiente con respecto a la variable independiente, en este caso la contaminación ambiental esta explicada en 71 % por el consumo de energía no renovable.

Por otra parte, al modelo VEC se lo planteó con la finalidad de identificar una relación de equilibrio a corto plazo entre las variables de contaminación ambiental, consumo de energía no renovable, consumo de energía renovable, IED y PIB per cápita, descrito en las ecuaciones (8), (9), (10), (11) y (12).

Tabla 7. Modelo VAR a largo plazo

Ecuación	Parms	RMSE	R-sq	chi2	P>chi2
IP	31	0,013	0,534	49,461	0,014
LogNER	31	0,022	0,713	107,305	0
LogER	31	0,052	0,869	285,499	0
IED	31	0,652	0,820	196,276	0
LogYpc	31	0,020	0,813	187,433	0

Se puede apreciar que, el estadístico "cel" reúne la información de los errores rezagados de cada una de las variables del modelo. En la Tabla 8, se comprueba que el modelo conjuntamente si tiene relación a corto plazo, en donde este error rezago (cel1) es estadísticamente significativo.

Tabla 8. Resultado del modelo corrección de error VEC

Ecuación	Params	RMSE	R-sq	chi2	P>chi2
IP	2	0,015	0,077	3,769	0,151
LogNER	2	0,035	0,0003	0,015	0,992
LogER	2	0,111	0,008	0,348	0,840
IED	2	1,282	0,121	6,233	0,044
LogYpc	2	0,033	0,044	2,070	0,355
Cel1	2	0	1	1,16E+17	0

A continuación, en la Tabla 9, se justifica lo anteriormente expuesto, donde el rezago cel1 continúa siendo estadísticamente significativo, lo que denota que las variables del modelo si presentan un equilibrio en el corto plazo. En el caso, del consumo de energía no renovable a medida que aumenta en 1 %, la contaminación ambiental se incrementa en 5,747 %. Por otro lado, a medida que el consumo de energía renovable aumenta en 1 %, la contaminación ambiental se incrementa en 5,268 %. Con respecto a la IED, cuando se incrementa en 1 %, la contaminación ambiental disminuye en -0,827 %. Finalmente, en relación con el PIB per cápita, a medida que crece en 1 %, la contaminación ambiental disminuye en -8,373 %.

Tabla 9. Modelo VEC a corto plazo

Ecuación	Coef.	Std. Err.	Z	P> z	[95 % Conf, Interval]	
IP	1					
logNER	5,747	4,84E-08	1,20E+08	0	5,747	5,747
logER	5,267	1,84E-08	2,90E+08	0	5,267	5,267
IED	-0,827	1,49E-09	-5,50E+08	0	-0,827	-0,827
logYpc	-8,373	4,66e	8	-1,8e	8	0
Cel1	-1	1,50e	9	-6,7e	8	0
Cons	0,205					

Consecutivamente, una vez determinada la relación de equilibrio entre las variables del modelo a corto y largo plazo, en la Tabla 10 se verificó los resultados de la prueba de causalidad de Granger (1969), los cuales afirman que existe una relación causal bidireccional. A excepción, de la contaminación ambiental que va hacia el consumo de energía no renovable. En Ecuador la causalidad se origina desde el consumo de energía no renovable, consumo de energía renovable, IED y PIB per cápita hacia la contaminación ambiental, ya que los valores de la probabilidad de chi2 son inferiores a 0,05. Resultado que va acorde con la evidencia empírica ya que el petróleo es la principal fuente de energía primaria y tiene un impacto directo en el aumento de los niveles de contaminación.

Tal como lo mencionan varios investigadores, las emisiones encuentran su origen en múltiples factores, tales como la estructura económica, la población o la intensidad energética. También, se ha analizado en Ecuador como la transformación del patrón de consumo energético hacia energías renovables ha influido sobre la disminución de los niveles de emisión de CO2. Se tiene en cuenta que emisiones de GEI se encuentran íntimamente relacionadas con la intensidad energética que tiene lugar como consecuencia del desempeño de los diferentes componentes de la actividad económica. La energía se encuentra presente en cada uno de los procesos productivos, funcionamiento de máquinas, tecnologías, transporte, etc. Por ello, la energía renovable se convierte en uno de los sectores determinantes y, a la vez, dinamizadores en el mundo actual, capaz de llegar a provocar grandes cambios en el ámbito ambiental y cualquier sistema económico.

A continuación, en la Figura 3 se pueden observar las funciones de impulso-respuesta. Como lo menciona Novales (2017) miden la reacción de cada una de las variables a un shock en una de las innovaciones estructurales. Además, si se trata de un modelo dinámico, puede haber reacciones contemporáneas, pero también en todos los períodos siguientes. También, cada una de las funciones

depende del tiempo transcurrido desde que se produce el shock.

Tabla 10. Resultados de la prueba de causalidad de Granger (1969)

Relación causal	Chi2	Prob>ch2	Conclusión
IP→logNER	10,058	0,122	No existe relación
logNER→IP	35,777	0	Existe relación
IP→logER	19,287	0,004	Existe relación
logER→IP	114,010	0	Existe relación
IP→IED	29,136	0	Existe relación
IED→IP	40,682	0	Existe relación
IP→logYpc	15,326	0,018	Existe relación
logYpc→IP	52,715	0	Existe relación

Cada gráfica describe el impacto que tendría un impulso en una determinada innovación, sobre cada variable. Asimismo, el modelo teórico de base es utilizado para interpretar la naturaleza de los shocks y para determinar el signo de los mismos, ya que estos están indeterminados a priori (Perera, 2007). En la primera figura, se puede observar la Respuesta de la contaminación ambiental a un shock negativo del consumo de energía no renovable.

En la segunda figura se verifica la Respuesta de la contaminación ambiental a un shock positivo del consumo de energía renovable. En la tercera figura se puede denotar la Respuesta de la contaminación ambiental a un shock positivo de la inversión extranjera directa. Finalmente, en la cuarta figura se indica la Respuesta de

la contaminación ambiental a un shock positivo del PIB per cápita. Se representa en varios gráficos, en donde cada uno incluye las respuestas a través del tiempo, de una determinada variable a un impulso, en cada una de las innovaciones.

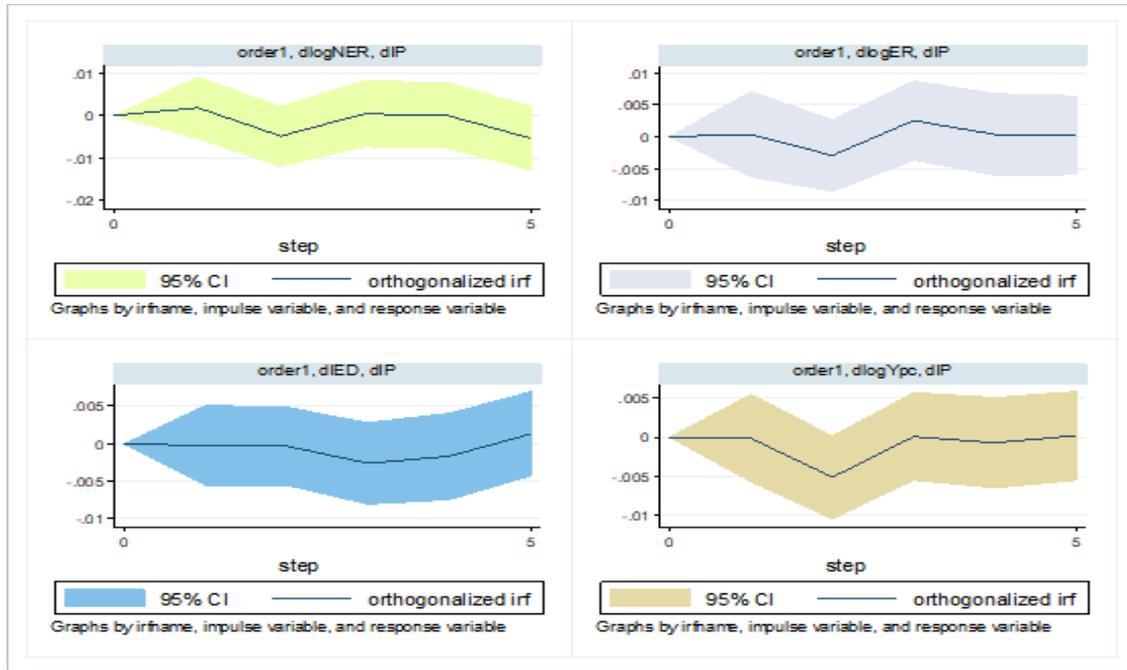


Figura 3. Funciones de impulso-respuesta

Por último, en la Figura 4, podemos observar que hay una estabilidad en nuestra muestra, al igual que, en los residuos a un grado de significancia del 5%. Bajo el supuesto de estabilidad de los estimadores, la especificación del modelo econométrico asume que los estimadores permanecen estables a lo largo de la muestra. Por otro lado, cuando el valor de los estimadores cambia se dice que el modelo presenta problemas de cambio estructural. En el primer gráfico de la suma acumulada de los residuales recursivos (CUSUM) respecto

al tiempo permite verificar desviaciones sistemáticas de éstos desde su línea de cero que es el valor esperado. Se puede concluir que, no hay cambio estructural, la suma acumulada está dentro de los límites. En cuanto, al segundo gráfico la prueba de Cusum cuadrado (CUSUMSQ) que es una medida alternativa y que consiste en emplear los cuadrados de los residuos recursivos, permite comprobar desviaciones no aleatorias desde su línea de valor medio (Catalan, 2016).

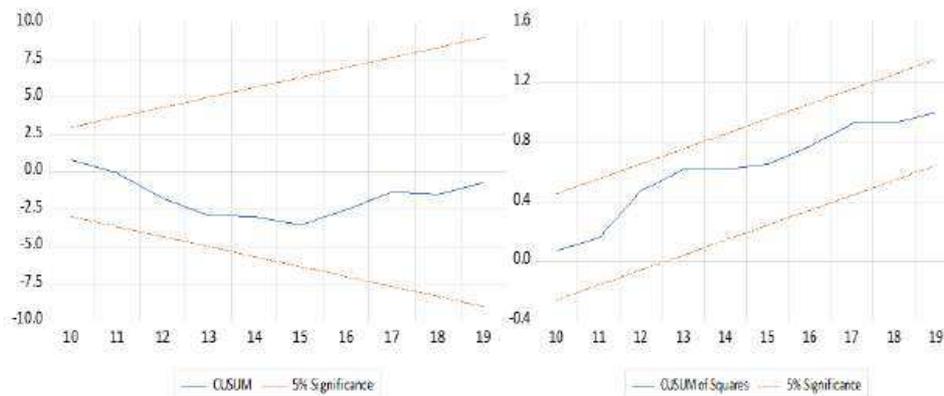


Figura 4. Prueba de estabilidad denominadas CUSUM y CUSUM CUADRADO

## 6 | DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El Ecuador se caracteriza por estar entre los diecisiete países megadiversos del mundo, posee una gran riqueza y variedad de recursos naturales que generan gran parte de la economía del país (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [SENPLADES], 2013). La economía ecuatoriana es altamente vulnerable a los cambios en temperatura y precipitación debido al perfil productivo del país que depende en un alto porcentaje del sector agro-exportador primario y las industrias manufactureras (Banco Interamericano de Desarrollo [BID], 2013). Desde la década de los 60, el Ecuador entra en una etapa de desarrollo industrial (Landázuri y Jijón, 1988). Pero, a partir de 1972 empieza una sobreexplotación masiva de los recursos naturales y del petróleo. Lo cual dio, un nuevo comienzo del crecimiento económico acelerado, provocando una mayor contaminación ambiental (Mullo, 2018).

Desde ese entonces, el país sigue manteniendo un patrón exportador de materias primas Banco Central del Ecuador (BCE, 2020). Por otro lado, Bonilla y Luna (2011) encontraron que el consumo de energías provenientes de fuentes térmicas e intensificación del sector automotriz generaron una dependencia excesiva de los combustibles fósiles. Posteriormente, el Ecuador figura internacionalmente como uno de los países con mayores subsidios a los combustibles (Puig et al., 2018). Por último, Ramírez y Antero (2014), manifestaron que estamos presenciando una de las peores crisis ambientales de la historia, a raíz del marcado comportamiento comercial y consumista de la población.

En base, a los resultados que se obtuvieron al estimar el modelo MCG se pudo contrastar con varias investigaciones. En cuanto a la relación entre las variables principales del modelo, se encontró que mantienen una correlación positiva, es decir, el consumo de energía no renovable influye positivamente en la contaminación ambiental en Ecuador. Resultados que coinciden con estudios realizados por Mahalik et al. (2021) donde mencionaron que la dependencia masiva del uso de combustibles fósiles, impulsan al crecimiento intensivo de carbono. De la misma forma, lo explican Belaïd y Zrelli (2019) que en el nivel naciente de crecimiento económico, la demanda de energía se logra en general mediante el consumo de combustibles fósiles; hasta cierto punto, este patrón tiene consecuencias perjudiciales sobre la calidad ambiental.

También, Nathaniel y Khan (2020) en sus hallazgos revelaron que esta energía contribuye significativamente a la degradación ambiental. De igual manera, Awodumi y Adewuyi (2020) encontraron que el consumo de petróleo y gas natural son los principales impulsores del crecimiento entre las economías en desarrollo. Por otro lado, Shirwani et al. (2020) recalcaron que el principal consumidor de las fuentes de energía no renovables en Pakistán es el sector del transporte. Seguidamente, Deng et al. (2020) afirmaron que el consumo de electricidad, gas y carbón tiene efectos negativos en las emisiones de CO<sub>2</sub>. Finalmente, Pandey y Rastogi (2019) evidenciaron que la principal contribución al incremento de las emisiones, es el aumento del 5,7% anual de energía primaria convencional.

En lo referente a las variables de control, se constató que el consumo de energía renovable tiene una relación inversa con la contaminación ambiental. Resultado que va en línea, con la investigación de Sarkodie et al. (2020) ya que, ante un aumento de la participación de las tecnologías de energía de fuentes renovables reduce las emisiones en un 0,38% y la degradación ambiental en un 0,21%. Seguidamente, Balsalobre et al. (2016) explicaron, que el rol que la energía renovable juega un papel importante porque constituye un input esencial en la evolución de los diferentes sistemas económicos. En cuanto a la relación con la IED los resultados concuerdan con Emre Caglar (2020) que encontraron que la IED contribuye a la contaminación ambiental. Así mismo, coinciden Waqih et al. (2019) en

donde sus resultados ratificaron la existencia de la Hipótesis de Refugio de la Contaminación en la región de la SAARC. Posteriormente, Žebryte y Villegas (2016) en un estudio para Chile mencionaron que, el país tiene una débil protección ambiental. En base, al PIB per cápita existe una relación positiva, este resultado acuerda con Nardimi y Tokimatsu (2017) quienes mencionaron que un aumento del 1% en el crecimiento del PIB conduce a un aumento del 0,84% en las emisiones de dióxido de carbono.

Pasando al siguiente punto, de acuerdo a la relación de la dinámica de largo y corto plazo, los resultados arrojaron que existe un equilibrio tanto en el largo y corto plazo entre las variables de estudio. De igual forma, Destek y Sinha (2020) utilizando métodos de datos de panel de segunda generación descubrieron que la huella ecológica aumenta con el consumo de energía no renovable. Así mismo, Waqih et al. (2019) determinaron que el crecimiento económico y el consumo de energía, tienen una relación tanto a largo como a corto plazo en la región SAARC. De forma similar, Alam et al. (2007) encontraron que, a largo plazo la variación de las emisiones de CO<sub>2</sub> esta explicada por cambios en la intensidad energética y el crecimiento económico.

Lo mismo sucede en un estudio realizado en la región del Medio Oriente y África del Norte (MENA) por Al-Mulali y Ozturk (2015) quienes, por medio del modelo VECM probaron el intercambio de relaciones causales a largo plazo entre la huella ecológica, el consumo de energía, la densidad poblacional, la industrialización, la estabilidad política y la transparencia del gobierno. Por otra parte, Rentería et al. (2016) utilizando el modelo VAR, concluyeron que existe una relación sólida de largo plazo entre las emisiones de dióxido de carbono, consumo de energía y el crecimiento económico en Ecuador. Asimismo, Pinzón y González (2018), mediante un modelo VEC pudieron inferir que ante, un aumento del consumo de combustible fósiles conllevan a un incremento del deterioro de la calidad ambiental en el corto plazo en Colombia. Posteriormente, Falconi et al. (2016) verificaron que, en el corto plazo el desarrollo económico empeora el medio ambiente, pero en el largo plazo, provoca menores niveles de contaminación.

Para concluir, tocante a la relación de causalidad se encontró que el consumo de energía no renovable si causa la contaminación ambiental en Ecuador, resultados que contrastan con Nathaniel y Iheonuz (2019) quienes hallaron una causalidad unidireccional desde el consumo de energía renovable y no renovable hacia las emisiones de CO<sub>2</sub> para la mayoría de los países africanos. Así mismo, Bélaïd y Youssef (2017) en sus resultados pudieron descubrir que existe una relación causal unidireccional, que va a partir, del consumo de electricidad renovable y no renovable de Granger hacia las emisiones de CO<sub>2</sub> a largo plazo en Argelia. Del mismo modo, Wang y Dong (2019) indicaron que existen una causalidad unidireccional que va desde el uso de energía no renovable hacia la huella ecológica en África subsahariana, especialmente en Botsuana y Sudáfrica.

Por otra parte, Saboori y Sulaiman (2013), ratificaron que, existen relaciones causales bidireccionales entre el PIB, emisiones de CO<sub>2</sub>, consumo de carbón, consumo de gas, consumo de electricidad y consumo de petróleo en Malasia. Seguidamente, Khan et al. (2021), en sus resultados confirmaron una causalidad bidireccional entre los recursos naturales y las emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que la naturaleza y sus recursos están estrechamente asociados. Continuando con el análisis, Mahjabeen et al. (2020) encontraron que existe un nexo causal entre el consumo de energía-estabilidad institucional-calidad ambiental para un grupo de países D-8. Por otro lado, Asongu et al. (2020) respaldaron una relación causal bidireccional, dado que el vínculo positivo entre la energía y la expansión económica se traduce en un mayor consumo de energía. Consecutivamente, Ozcan et al. (2020) manifestaron que, existe un vínculo de causalidad bidireccional entre el consumo de energía y los indicadores de calidad ambiental en la OCDE.

## 7 | CONCLUSIONES

A partir de la década de los 70, en el Ecuador, surge un nuevo modelo de estructura económica. Se empieza una sobreexplotación masiva de los recursos naturales, que dio paso a un crecimiento económico acelerado, que provocó un mayor deterioro ambiental. Es por ello que surgió la necesidad de desarrollar un modelo que explique la relación entre la contaminación ambiental y el consumo de energía proveniente de combustibles fósiles. Para ello, se desarrolló un índice de contaminación que capturó de forma más integral la contaminación ambiental, con el propósito de generar un nuevo aporte a la investigación científica.

Primero, mediante un modelo de MCG se concluyó que la variable regresora sí es un factor relevante que influye en el aumento de los niveles de contaminación en el medio ambiente. Seguidamente, mediante la utilización de técnicas de cointegración de series de tiempo, entre ellas, modelos de Vectores Autorregresivos (VAR), de Corrección de Error (VEC), se comprobó la existencia de equilibrio de corto y largo plazo entre el consumo de energía no renovable, el consumo de energía renovable, IED, PIB per cápita y la contaminación ambiental. Los resultados son significativos y validan la existencia de la hipótesis planteada, de que los niveles de contaminación ambiental se incrementan como resultado de un mayor consumo de energía no renovable en el país. Finalmente, mediante la prueba de causalidad de Granger (1969), se ratifica que la causalidad se origina desde el consumo de energía no renovable hacia la contaminación ambiental; dando paso, a la existencia de una causalidad unidireccional, ya que el consumo de carbón, petróleo y gas, representa la mayor parte de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Esto se debe, a que gran parte la economía con la finalidad de lograr industrializarse, ha optado por la dependencia masiva de combustibles fósiles y electricidad que son destinados a proveer la fuerza motriz y calor de los procesos productivos que mueven en gran parte el desarrollo de la economía ecuatoriana.

## 8 | IMPLICACIONES DE POLÍTICA

Las consecuencias irreversibles de la degradación ambiental incentivan a la búsqueda de factores que permitan la reducción de los niveles de emisión de gases de efecto invernadero (GEI); por eso, es urgente la necesidad de diseñar y aplicar políticas que promuevan un desarrollo económico sustentable. Entre las principales, una mayor regulación de las empresas industriales, que cuenten con las certificaciones ambientales: la certificación punto verde y la certificación carbono neutro para que se promuevan una producción más amigable con el medio ambiente. Además, cuenta con una gran cantidad de recursos hídricos que son fuente de vida y contribuyen a la producción agrícola y de energía eléctrica, por eso, se recomienda usar eficientemente este recurso, esto se podría lograr a través de la creación de Fondos de Agua, que son un modelo innovador de conservación a largo plazo que opera a través de inversiones que se concentran en un solo fondo y los recursos generados se asignan a preservar las cuencas.

Por otro lado, se puede incrementar la producción y el consumo de energía sostenible mediante la aplicación de mecanismos de presión fiscal como son: el Impuesto Ambiental a la contaminación ambiental y el impuesto redimible a las botellas plásticas no retornables, aunque es una política muy práctica, se sugiere a los encargados de turno, que lo hagan de manera cuidadosa, una aplicación estricta de impuestos y normas reguladoras ambientales exigentes, puede retrasar el crecimiento económico. Asimismo, se recomienda mejorar la estructura de la industria y la inversión en tecnologías de energía renovable que requiere de una inversión inicial alta ya que, si no cuenta con los recursos necesarios, no se podrá financiar

ni adquirir nuevas tecnologías. También, es muy importante fortalecer alianzas público-privada para realizar un esfuerzo conjunto y regular la degradación ambiental, las lecciones aprendidas de otros países ayudará aún más a lograr el equilibrio necesario entre el crecimiento económico y un medio ambiente sostenible. Finalmente, se deben establecer más proyectos de ahorro de energía (proyecto de eficiencia energética en el sector residencial, implementación de focos ahorradores y sector público, alumbrado público eficiente) con el fin de reducir la cantidad de demanda de energía, ya que las estructuras energéticas disponibles ejercen una presión significativa sobre el medio ambiente.

## Referencias bibliográficas

- [1] Adams, S., & Nsiah, C. (2019). Reducing carbon dioxide emissions; Does renewable energy matter? *ScienceoftheTotalEnvironment*, 693, 133288.
- [2] Águila, E., Sohr, R., Parker, C., & Zanelli, J. (2011). Energía y medio ambiente. Una ecuación difícil para América Latina: los desafíos del crecimiento y desarrollo en el contexto del cambio climático. *In Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales*, CLACSO.
- [3] Al-Mulali, U., & Ozturk, I. (2015). The effect of energy consumption, urbanization, trade openness, industrial output, and the political stability on the environmental degradation in the MENA (Middle East and North African) region. *Energy*, 84, 382–389.
- [4] Alam, S., Fatima, A., & Butt, M. S. (2007). Sustainable development in Pakistan in the context of energy consumption demand and environmental degradation. *Journal of Asian Economics*, 18(5), 825–837.
- [5] Alola, A., Bekun, F., & Sarkodie, S. (2019). Dynamic impact of trade policy, economic growth, fertility rate, renewable and non-renewable energy consumption on ecological footprint in Europe. *ScienceoftheTotalEnvironment*, 685, 702–709.
- [6] Alvarado, R. (2011). Measuring the competitiveness of the provinces of Ecuador. *Munich Personal RePEc Archive*, 34244.
- [7] Anwar, A., Siddique, M., Eyup Dogan, & Sharif, A. (2021). The moderating role of renewable and non-renewable energy in environment-income nexus for ASEAN countries: Evidence from Method of Moments Quantile Regression. *Renewable Energy*, 164, 956–967.
- [8] Asongu, S. A., Agboola, M. O., Alola, A. A., & Bekun, F. V. (2020). The criticality of growth, urbanization, electricity and fossil fuel consumption to environment sustainability in Africa. *ScienceoftheTotalEnvironment*, 712, 136376.

- [9] Awodumi, O. B., & Adewuyi, A. O. (2020). The role of non-renewable energy consumption in economic growth and carbon emission: Evidence from oil producing economies in Africa. *Energy Strategy Reviews*, 27, 100434.
- [10] Balsalobre, D., Álvarez, A., Olaya, A., & Cantos, J. (2016). La curva medioambiental de kuznets y la innovación energética en países de la OCDE. *Universidad de Castilla-La Mancha*, 1–23.
- [11] BCE. (2020). Cuentas Nacionales Trimestrales Del Ecuador Resultados De Las Variables Macroeconómicas, 2019.IV. Banco Central Del Ecuador, 27.
- [12] Bélaïd, F., & Youssef, M. (2017). Environmental degradation, renewable and non-renewable electricity consumption, and economic growth: Assessing the evidence from Algeria. *Energy Policy*, 102(December 2016), 277–287.
- [13] Belaïd, F., & Zrelli, M. H. (2019). Renewable and non-renewable electricity consumption, environmental degradation and economic development: Evidence from Mediterranean countries. *Energy Policy*, 133(August), 110929.
- [14] BID. (2013). ECUADOR: Mitigación y Adaptación al Cambio Climático. Marco de La Preparación de La Estrategia 2012-2017 Del BID En Ecuador, 1–29.
- [15] Bonilla, A., & Luna, M. (2011). Estado del País. In Informe Cero. Ecuador 1950-2010.
- [16] Catalan, H. (2016). Selección del modelo econométrico. Curso Internacional: Construcción de Escenarios Económicos y Econometría Avanzada.
- [17] Catalán, H. (2014). Curva ambiental de Kuznets: implicaciones para un crecimiento sustentable. *Economía Informa*, 19–37.
- [18] Celemin, J. (2007). El estudio de la calidad de vida ambiental: definiciones conceptuales, elaboración de índices y su aplicación en la ciudad de Mar del Plata, Argentina. *Hologramática*, 7(1), 71–98.
- [19] Deng, Q., Alvarado, R., Toledo, E., & Caraguay, L. (2020). Greenhouse gas emissions, non-renewable energy consumption, and output in South America: the role of the productive structure. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(13), 14477–14491.
- [20] Destek, M. A., & Sinha, A. (2020). Renewable, non-renewable energy consumption, economic growth, trade openness and ecological footprint: Evidence from organisation for economic Co-operation and development countries. *Journal of Cleaner Production*, 242, 118537.
- [21] Dogan, E., & Inglesi-Lotz, R. (2017). Analyzing the effects of real income and biomass energy consumption on carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions: Empirical evidence from the panel of biomass-consuming countries. *Energy*, 138, 721–727.
- [22] Emre Caglar, A. (2020). The importance of renewable energy consumption and FDI inflows in reducing environmental degradation: Bootstrap ARDL bound test in selected 9 countries. *Journal of Cleaner Production*, 264, 121663.
- [23] European Environmental Agency [EEA]. (2020). Greenhouse gas emissions from waste.
- [24] Falconí, F., Burbano, R., & Cango, P. (2016). La discutible curva de Kuznets. *FLACSO*, 1–19.
- [25] Grossman, G., & Krueger, A. (1991). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. *National Bureau of Economic Research*, 3914.
- [26] Gujarati, D., & Porter, D. (2010). *Econometría* (Quinta). McGraw-Hill.
- [27] Hotelling, H. (1931). The Economics of Exhaustible Resources. *Journal of Political Economy*, 39(2), 137–175.
- [28] Indicadores de Desarrollo Mundial [WDI]. (2020). Banco Mundial: Data Ecuador.
- [29] Jevons, W. (1865). The Coal Question; An Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of Our Coal Mines. *Ecological Economics*, 82, 97–103.
- [30] Khan, I., Hou, F., & Le, H. P. (2021). The impact of natural resources, energy consumption, and population growth on environmental quality: Fresh evidence from the United States of America. *Science of the Total Environment*, 754, 142222.
- [31] Kuznets, S. (1955). Economic Growth and Income Inequality. *The American Economic Review*, 45(1), 1–28.
- [32] Landázuri, H., & Jijón, C. (1988). El medio ambiente en el Ecuador. *Instituto Latinoamericano de Investigaciones Sociales*, 204.
- [33] Lecaros, G., & Viale, A. (2008). Manual de Estadísticas Ambientales Andinas. Secretaría General de La Comunidad Andina.
- [34] León, Y. (2017). Algunos efectos de la energía en el medio ambiente. *Revista IN FACES*, Universidad de Carabobo.
- [35] Mahalik, M. K., Mallick, H., & Padhan, H. (2021). Do educational levels influence the environmental quality? The role of renewable and non-renewable energy demand in selected BRICS countries with a new policy perspective. *Renewable Energy*, 164, 419–432.

- [36] Mahjabeen, Shah, S. Z. A., Chughtai, S., & Simonetti, B. (2020). Renewable energy, institutional stability, environment and economic growth nexus of D-8 countries. *EnergyStrategyReviews*, 29, 100484.
- [37] Ministerio del Ambiente [MAE]. (2016). Resumen del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del Ecuador. Serie Temporal 1994-2012, 28.
- [38] Moutinho, V., Varum, C., & Madaleno, M. (2017). How economic growth affects emissions? An investigation of the environmental Kuznets curve in Portuguese and Spanish economic activity sectors. *EnergyPolicy*, 106(March), 326-344.
- [39] Muchran, Idrus, A., Badruddin, S., Tenreng, M., & Kanto, M. (2020). Influence of the renewable and non-renewable energy consumptions and real-income on environmental degradation in indonesia. *InternationalJournalofEnergyEconomicsandPolicy*, 11(1), 599-606.
- [40] Mullo, A. (2018). Universidad Nacional de Chimborazo. In Crecimiento Económico y medio ambiente: Aplicación de la curva ambiental de Kuznets para el Ecuador, periodo 1970-2015.
- [41] Nadal, A., & Aguayo, F. (2020). Los motores de la degradación ambiental "El modelo macroeconómico y la explotación de los recursos naturales de America Latina." CEPAL.
- [42] Nadimi, R., & Tokimatsu, K. (2017). Analyzing of Renewable and Non-Renewable Energy consumption via Bayesian Inference. *EnergyProcedia*, 142, 2773-2778.
- [43] Nathaniel, S., & Khan, S. A. R. (2020). The nexus between urbanization, renewable energy, trade, and ecological footprint in ASEAN countries. *JournalofCleanerProduction*, 272, 122709.
- [44] Nathaniel, S. P., & Iheonu, C. O. (2019). Carbon dioxide abatement in Africa: The role of renewable and non-renewable energy consumption. *ScienceoftheTotalEnvironment*, 679, 337-345.
- [45] Novales, A. (2017). Modelos vectoriales autoregresivos (VAR). Universidad Complutense de Madrid, 58.
- [46] Nwaka, I. D., Nwogu, M. U., Uma, K. E., & Ike, G. N. (2020). Agricultural production and CO2 emissions from two sources in the ECOWAS region: New insights from quantile regression and decomposition analysis. *ScienceoftheTotalEnvironment*, 748, 141329.
- [47] Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2018). Nueve de cada diez personas de todo el mundo respiran aire contaminado.
- [48] Our World in Data. (2019). Ecuador, perfil de país de CO2: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).
- [49] Ozcan, B., Tzeremes, P. G., & Tzeremes, N. G. (2020). Energy consumption, economic growth and environmental degradation in OECD countries. *EconomicModelling*, 84, 203-213.
- [50] Pandey, K. K., & Rastogi, H. (2019). Effect of energy consumption & economic growth on environmental degradation in India: A time series modelling. *EnergyProcedia*, 158, 4232-4237.
- [51] Perera, J. (2007). Una aproximación a la identificación y propagación de los shocks en una economía pequeña y abierta: El caso uruguayo. Fundación de Estudios de Economía Aplicada.
- [52] Pigou, A. (1920). The economics of welfare. University of Cambridge, 1-983.
- [53] Pinzón, D., & González, C. (2018). Curva De Kuznets Ambiental: Evidencia Empírica para Colombia 1971-2014. *UniversidadCatolicadeColombia*, 1-35.
- [54] Puig, I., Martínez, A., Vicuña, Z., Córdova, G., & Álvarez, P. (2018). Subsidios a los combustibles fósiles en Ecuador: diagnóstico y opciones para su progresiva reducción. *RevistadeLaRedIberoamericanadeEconomíaEcológica*, 28(1), 0087-0106.
- [55] Ramírez, V., & Antero, J. (2014). Evolución de las Teorías de Explotación de Recursos Naturales: Hacia la Creación de una nueva Ética Mundial. *LunaAzul*, 39, 291-313.
- [56] Rehman, M. U., & Rashid, M. (2017). Energy consumption to environmental degradation, the growth appetite in SAARC nations. *RenewableEnergy*, 111, 284-294.
- [57] Rentería, V., Toledo, E., Bravo, D., & Ochoa, D. (2016). Relación entre Emisiones Contaminantes, Crecimiento Económico y Consumo de Energía . El caso de Ecuador 1971-2010. *RevistaPolitécnica*, 38(1).
- [58] Saboori, B., & Sulaiman, J. (2013). Environmental degradation, economic growth and energy consumption: Evidence of the environmental Kuznets curve in Malaysia. *EnergyPolicy*, 60, 892-905.
- [59] Saint Akadiri, S., Alola, A. A., Akadiri, A. C., & Alola, U. V. (2019). Renewable energy consumption in EU-28 countries: Policy toward pollution mitigation and economic sustainability. *EnergyPolicy*, 132(February), 803-810.
- [60] Sánchez, L., & Caballero, K. (2019). La curva de Kuznets ambiental y su relación con el cambio climático en América Latina y el Caribe: un análisis de cointegración con panel, 1980-2015. *RevistadeEconomíaDelRosario*, 22(1), 41.

- [61] Sarkodie, S. (2021). Environmental performance, biocapacity, carbon & ecological footprint of nations: Drivers, trends and mitigation options. *ScienceoftheTotalEnvironment*, 751, 141912.
- [62] Sarkodie, S. A., Adams, S., Owusu, P. A., Leirvik, T., & Ozturk, I. (2020). Mitigating degradation and emissions in China: The role of environmental sustainability, human capital and renewable energy. *ScienceoftheTotalEnvironment*, 719, 137530.
- [63] SENPLADES. (2013). Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013: Construyendo un Estado Plurinacional e Intercultural.
- [64] 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. *RenewableEnergy*, 133, 685-691.
- [65] Shirwani, R., Gulzar, S., Asim, M., Umair, M., & Al-Rashid, M. A. (2020). Control of vehicular emission using innovative energy solutions comprising of hydrogen for transportation sector in Pakistan: A case study of Lahore City. *InternationalJournalofHydrogenEnergy*, 45(32), 16287-16297.
- [66] Sinha, A., Shahbaz, M., & Balsalobre, D. (2017). Exploring the relationship between energy usage segregation and environmental degradation in N-11 countries. *JournalofCleanerProduction*, 168, 1217-1229.
- [67] Solíz, M., Durango, J., Solano, J., & Yépez, M. (2020). Cartografía de los residuos sólidos en Ecuador 2020.
- [68] Ulucak, R., Danish, & Ozcan, B. (2020). Relationship between energy consumption and environmental sustainability in OECD countries: The role of natural resources rents. *ResourcesPolicy*, 69(March), 101803.
- [69] Uquillas, A., & Gonzalez, C. (2017). Modelo Macro para Pruebas de Tension de Riesgo de Credito de Consumo en el Sistema Financiero Ecuatoriano. *RevistadeAnálisisEstadístico"Analitika"*, 14.
- [70] Wackernagel, M., & Rees, W. (1996). Our Ecological Footprint: reducing human impact on the earth. Isla de Gabriola, Canadá: New Society Publishers, 1(7).
- [71] Wang, J., & Dong, K. (2019). What drives environmental degradation? Evidence from 14 Sub-Saharan African countries. *ScienceoftheTotalEnvironment*, 656, 165-173.
- [72] Waqih, M. A. U., Bhutto, N. A., Ghumro, N. H., Kumar, S., & Salam, M. A. (2019). Rising environmental degradation and impact of foreign direct investment: An empirical evidence from SAARC region. *JournalofEnvironmentalManagement*, 243(May), 472-480.
- [73] Yue, S., Shen, Y., & Yuan, J. (2019). Sustainable total factor productivity growth for 55 states: An application of the new malmquist index considering ecological footprint and human development index. *Resources,Conservation&Recycling*, 146(December 2018), 475-483.
- [74] Žebryte, I., & Villegas, L. (2016). La teoría del refugio de contaminación: Efectos de la inversión extranjera directa a escala local en Chile. *Jurídicas*, 13(1), 24-40.