

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN



Crecimiento económico y degradación ambiental en Ecuador: Evidencia de la hipótesis de la Curva de Kuznets

Economic growth and environmental degradation in Ecuador: Evidence for the Kuznets Curve hypothesis

Xavier Rodríguez-Cruz ¹ | Verónica Balda-Cruz ¹

¹ Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP, Ecuador

Correspondencia

Xavier Rodríguez-Cruz, Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP, Ecuador.

Correo electrónico:

xavier.rodriguez@cnel.gob.ec

Fecha de recepción

Septiembre 2025

Fecha de aceptación

Enero 2026

Resumen

Este estudio analiza la relación entre el crecimiento económico y emisiones de dióxido de carbono (CO₂) per cápita en Ecuador, con el objetivo de evaluar la validez empírica de la Curva de Kuznets Ambiental (CKA) para el período 1970-2023. Utilizando un enfoque econométrico basado en cointegración multivariada y un modelo de vector de corrección de errores (VECM), se evalúan las dinámicas de corto y largo plazo entre el ingreso per cápita y la degradación ambiental. Los resultados confirman la existencia de una relación no lineal en forma de U invertida en el largo plazo, con un punto de inflexión que sugiere que Ecuador se ha mantenido mayoritariamente en la fase ascendente de la CKA. El análisis dinámico muestra que las emisiones de CO₂ ajustan de manera endógena hacia el equilibrio de largo plazo, mientras que el ingreso actúa como variable impulsora del sistema. Las funciones impulso-respuesta y la descomposición de la varianza del error de pronóstico refuerzan la evidencia de que el crecimiento económico explica una proporción sustancial de la variabilidad futura de las emisiones, lo que resalta la necesidad de políticas públicas orientadas a la transformación productiva, la eficiencia energética y la reducción de emisiones.

Palabras clave: Cointegración, Crecimiento Económico, Economía Ambiental, Modelo de Corrección del Error (VECM)

Códigos JEL: C32, Q53, Q56, O44

Abstract

This study analyzes the relationship between economic growth and per capita carbon dioxide (CO₂) emissions in Ecuador, aiming to evaluate the empirical validity of the Environmental Kuznets Curve (EKC) for the period 1970-2023. Using an econometric approach based on multivariate cointegration and a vector error correction model (VECM), the short- and long- term dynamics between per capita income and environmental degradation are assessed. The results confirm the existence of a nonlinear, inverted U-shaped relationship that Ecuador has remained mostly in the upward phase of the EKC. The dynamic analysis shows that CO₂ emissions adjust endogenously toward long-term equilibrium, while income acts as the driving variable of the system. Impulse-response functions and forecast error variance analysis reinforce the evidence that economic growth explains a substantial proportion of future emissions variability, highlighting the need for public policies aimed at productive transformation, energy efficiency, and emissions reduction.

Key words: Cointegration, Economic growth, Environmental economics, Vector Error Correction Model (VECM)

JEL codes: C32, Q53, Q56, O44

1 | INTRODUCCIÓN

La relación entre el desarrollo económico y la calidad ambiental ha constituido uno de los debates más persistentes en la literatura sobre desarrollo sostenible. En este contexto, la hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental (CKA) postula que, en las etapas iniciales del crecimiento económico, la degradación ambiental aumenta a medida que el ingreso per cápita se eleva; no obstante, al alcanzar un determinado umbral de desarrollo, la relación se revierte, sugiriendo que el crecimiento económico eventualmente se traduce en mejoras ambientales (Grossman y Krueger, 1991).

Este comportamiento no lineal se asocia, fundamentalmente, a procesos de cambio estructural en la economía, avances tecnológicos, mejoras en la eficiencia productiva, y una mayor demanda social por entornos saludables en niveles de renta superiores (Panayotou, 1993).

Desde su formulación, la CKA se ha consolidado como un marco analítico central para evaluar la sostenibilidad del crecimiento económico, aunque su validez empírica continúa siendo objeto de un intenso debate académico, particularmente en el caso de los países en desarrollo, la evidencia resulta ambigua y altamente dependiente del contexto económico, institucional y energético.

A diferencia de economías avanzadas, en el caso de los países en desarrollo, diversos estudios sugieren que, los países de ingreso medio y bajo pueden permanecer durante largos períodos en la fase ascendente de la curva, debido a restricciones tecnológicas, dependencia de fuentes energéticas intensivas en carbono y debilidades institucionales en regulación ambiental (Dinda, 2004; Shahbaz y Sinha, 2019).

Esta literatura destaca que el crecimiento económico, por sí solo, no garantiza una reducción automática de las emisiones, lo que refuerza la necesidad de políticas activas orientadas a la transición energética y a la transformación productiva.

Para un país como Ecuador, caracterizada por una estructura económica altamente dependiente de la explotación de recursos naturales, validar esta hipótesis resulta fundamental para determinar si el actual modelo de desarrollo es compatible con los compromisos climáticos globales, destacando los objetivos de descarbonización del Acuerdo de París (Naciones Unidas, 2015). En el ámbito nacional, estos esfuerzos se formalizan a través de la Primera Contribución Determinada a Nivel Nacional (Ministerio del Ambiente y Agua [MAE], 2019) y se fortalecen con la reciente Segunda NDC (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica [MAATE], 2025), instrumentos que definen la hoja de ruta de mitigación que el país debe cumplir en el mediano y largo plazo.

Dinda (2024) enfatiza que la evolución de la calidad ambiental depende de mecanismos de cambio estructural y progreso tecnológico, sin embargo, en el contexto ecuatoriano, revela que estos factores han operado de manera ineficiente en la última década.

En particular, Rodríguez y Balda (2022) documentan que la intensidad energética del país, lejos de disminuir, experimentó un incremento sostenido al pasar de 1,583 kbep/miles de USD en 2011 a 1,93 al cierre de 2020. Al descomponer esta variación muestra que el 53% se explica por cambios en la tecnología de producción y el 47% por modificaciones en la estructura productiva, derivando en un estado de “desacople recesivo”, en el cual el efecto tecnológico o intrasectorial no ha sido suficiente para compensar el aumento en la presión ambiental.

Esta evidencia pone de manifiesto la ausencia de inversiones sostenidas en eficiencia energética y mejoras significativas en el desempeño energético del sector productivo, lo que refuerza la relevancia de instrumentos institucionales recientes como la Estrategia Nacional de Acción para el Empoderamiento Climático (ENACE) 2026-2035.

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la evidencia empírica de la CKA para Ecuador, utilizando series de tiempo del periodo 1970-2023. El análisis emplea el PIB per cápita como indicador del nivel de desarrollo económico y las emisiones de CO₂ per cápita como proxy de presión ambiental, con el fin de identificar tanto la relación de equilibrio de largo plazo como los mecanismos de ajuste dinámico de corto plazo.

Los resultados buscan contribuir a la literatura empírica sobre la CKA en países en desarrollo; y, de manera complementaria, proporcionar evidencia para el diseño de políticas públicas orientadas a compatibilizar el crecimiento económico con los objetivos de sostenibilidad ambiental y descarbonización en Ecuador.

2 | REVISIÓN DE LITERATURA PREVIA

A pesar de la elegancia teórica de la hipótesis, la evidencia empírica internacional ha sido objeto de intenso debate. Stern (2004) criticó la robustez de los hallazgos iniciales, señalando que la mayoría de los estudios pioneros padecían de problemas econométricos como la falta de pruebas de cointegración y el sesgo de variables omitidas, el autor argumenta que este modelo tradicional posee una base estadística débil y que los resultados dependen de las muestras específicas utilizadas, ignorando que las emisiones de muchos contaminantes tienden a aumentar de forma monótona con el crecimiento económico. A través de un análisis, demuestra que las mejoras ambientales dependen más de la innovación tecnológica y de cambios regulatorios que del simple incremento de la riqueza, permitiendo incluso que naciones en desarrollo adopten estándares de sostenibilidad de forma temprana.

Brooks (2025) analiza la intersección entre degradación ambiental e inestabilidad económica en las Américas bajo el marco de la Curva de Kuznets Ambiental, evidenciando un desempeño regional heterogéneo. Su estudio identifica que la volatilidad financiera por la pandemia retrasó inversiones en infraestructura sostenible, mientras que marcos regulatorios débiles agravaron el impacto ambiental en poblaciones marginales. Además, advierte que la crisis alimentaria y la interrupción de suministros forzaron el uso de prácticas agrícolas sostenibles, finalmente, concluye que es fundamental integrar la gestión de crisis con metas de sostenibilidad a largo plazo mediante una cooperación regional estratégica.

Por otro lado, Al-Mulali et al. (2015) sobre Vietnam concluyen generalmente que la hipótesis de la CKA no se cumple en ese país en el corto ni largo plazo, sugiriendo que las emisiones de CO₂ aumentan monótonamente con los ingresos, es decir, no se observa el patrón de U invertida que predice la hipótesis. Apergis y Ozturk (2015) destacan que el consumo de energía es uno de los principales factores que empeora la calidad ambiental en la región de Asia, mientras que la liberalización del comercio puede contribuir a mejorarla, confirma que la existencia de la curva N-shape es robusta; y, que factores como la calidad institucional, la transición energética y la economía digital tienen efectos negativos significativos sobre las emisiones de carbono, mientras que el riesgo geopolítico, la tecnología de la información y la seguridad alimentaria tienen impactos positivos.

En el contexto regional de América Latina, otros estudios han resaltado la influencia de la estructura productiva basada en recursos naturales, así tenemos a Pablo-Romero y De Jesús (2016) que enfatizan que en los países latinoamericanos, la relación de CKA se ve distorsionada por la alta dependencia de la matriz energética fósil, sugiriendo que sin políticas de transición energética agresivas, el crecimiento económico continuará degradando el ecosistema independientemente del nivel de ingresos.

El artículo de Vega-Quezada et al. (2019) investiga la existencia de la CKA en los países de México, Colombia, Chile y Perú, que conforman la Alianza del Pacífico, utilizando modelos Autorregresivos de Rezagos Distribuidos (ARDL) para el período 1991-2017, el estudio analiza la relación entre el crecimiento económico y las emisiones de CO₂ per cápita, incluyendo variables como población, inversión extranjera directa, desempleo, coeficiente de Gini y exportaciones de bienes y servicios, los resultados muestran que la hipótesis de CKA se cumple principalmente para México, donde la relación entre crecimiento económico y emisiones de CO₂ sigue una forma de U invertida, en cambio, en Colombia, Chile y Perú, la evidencia de la CKA es más limitada y solo se observa en algunos modelos propuestos.

Por otro lado, Villavicencio et al. (2024) estudian el impacto del crecimiento sobre la contaminación ambiental entre el 2000 y 2018 sobre 94 países utilizando variables como las emisiones de CO₂ per cápita, el PIB per cápita y el consumo de energía, encontrando que la CKA no se cumple para todos los grupos de países analizados, sin embargo, se confirma el efecto positivo entre el crecimiento económico y la contaminación ambiental.

En Ecuador se han realizado diversos estudios respecto a la Curva Ambiental de Kuznets, así tenemos el realizado por Almeida Quinteros (2013) en el que se concluye que la contaminación ha aumentado significativamente debido a la dependencia económica del petróleo, a través de un modelo de regresión lineal confirma que las variaciones del PIB per cápita explican aproximadamente el 81% de las variaciones en las emisiones de CO₂ per cápita, sugiriendo que al cierre del 2010 el Ecuador se encuentra en una etapa de deterioro ambiental causado por el crecimiento económico.

Mullo Parco (2018) aplica la CKA para el período 1970-2015, se utilizó un modelo econométrico de regresión lineal múltiple estimando una relación de U invertida, obteniendo coeficientes significativos, lo que valida la hipótesis de la CKA para Ecuador, en ese contexto, los resultados indican que, tras un incremento inicial de la contaminación asociado al crecimiento económico, el país entró en la fase decreciente de la curva a partir de aproximadamente 201,

sugiriendo que en el largo plazo, el crecimiento económico ha generado una reducción en las emisiones de CO₂. Es importante destacar que el estudio concluye que, aunque el Ecuador históricamente ha dependido de la explotación de sus recursos naturales, la adopción de regulaciones ambientales y el fomento de energías renovables han permitido desacoplar parcialmente el crecimiento económico de la contaminación, ubicando al país en una trayectoria de desarrollo más sostenible.

El trabajo de investigación de Bonilla Montero (2016) usa el período 1960-2013 para identificar la relación entre el crecimiento económico y la degradación ambiental aplicando la hipótesis de la CKA empleando un modelo econométrico de Vector de Corrección de Error (VECM). El estudio analizó la relación de largo plazo entre el PIB real per cápita y las emisiones de CO₂ per cápita, los principales hallazgos confirmaron la existencia de la CKA para Ecuador en el largo plazo, evidenciando que el país se encontraba en la fase creciente de la curva, donde el aumento del ingreso se asociaba con mayores emisiones. Un resultado clave fue la estimación del *turning point* de USD 10,153 (a precios constantes 2005), momento a partir del cual se esperaba que la tendencia se revierta.

Jiménez Jaramillo (2018) emplea el polinomio de Almon de tercer grado con rezagos distribuidos para modelar la relación dinámica entre el PIB per cápita y las emisiones de CO₂ per cápita para el período 1971-2015, los resultados no mostraron evidencia de un punto de inflexión dentro del período estudiado, lo que sugiere que la economía ecuatoriana no habría alcanzado aún el nivel de ingreso necesario para que la contaminación disminuya de forma automática, en ese mismo sentido, la relación se vuelve inestable al incorporar rezagos temporales, indicando que el efecto del crecimiento sobre las emisiones es más evidente en el corto plazo. El estudio concluye que, en ausencia de políticas ambientales activas, el crecimiento económico continúa asociándose con un mayor deterioro ecológico en el país.

Por otro lado, Montero (2023) analiza la relación entre crecimiento económico y degradación ambiental para el período 1973-2021 mediante un modelo econométrico de Vector Autorregresivo (VAR). A diferencia de los estudios anteriormente citados que utilizan regresiones estáticas, el enfoque VAR permite capturar las interacciones dinámicas y la causalidad en el tiempo entre las variables de estudio que en este caso son las toneladas per cápita de CO₂, PIB per cápita a precios actuales; y, la población.

Los principales resultados indican la existencia de una relación de largo plazo en forma de U invertida, validando la CKA para Ecuador, el análisis de impulso-respuesta sugiere que el crecimiento económico tiene un impacto significativo y persistente en el aumento de las emisiones contaminantes. El estudio concluye que, para el período analizado, la economía ecuatoriana se encontraría en la fase ascendente de la curva, donde el mayor crecimiento conlleva un incremento de la degradación ambiental, destacando la necesidad de políticas públicas más estrictas y un cambio estructural hacia una matriz productiva y energética más limpia para alcanzar el *turning point* hacia la fase decreciente.

Carrión López (2025) evalúa la correlación entre el crecimiento económico y su impacto ambiental en las provincias de Pichincha, Sucumbios, Guayas y el Oro en Ecuador durante el período 2010-2022, la investigación utiliza un enfoque cuantitativo que combina indicadores económicos como es el producto interno bruto, población económicamente activa, ingreso per cápita, población y analfabetismo; y ambientales como deforestación y emisiones de CO₂, con el fin de analizar el equilibrio entre desarrollo y sostenibilidad ambiental, el trabajo destaca la necesidad de políticas públicas que promuevan el equilibrio entre crecimiento y sostenibilidad, dado que el desarrollo sin control puede poner en riesgo la biodiversidad y los ecosistemas del país.

3 | DATOS Y METODOLOGÍA

3.1 | DATOS

En el presente estudio se utilizan registros de Emisiones de Dióxido de Carbono CO₂ per cápita excluyendo LULUCF¹, es decir, que registran las emisiones por el uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura no están incluidas, por lo tanto, las emisiones del presente estudio, se centran, en la quema de combustibles fósiles (energía, transporte e industria), se mide en toneladas métricas de dióxido de carbono por habitante; y, para el indicador de desarrollo se utiliza el PIB per cápita real encadenados de volumen con año de referencia 2018.

¹ Land Use, Land-Use Change, and Forestry

Para el indicador de presión ambiental, se toman los registros del Banco Mundial²; y, para el indicador de desarrollo se obtienen del Banco Central del Ecuador (BCE), en este último caso, los indicadores per cápita publicados consideran la serie actualizada de las estimaciones y proyecciones de la población de Ecuador presentado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC en agosto de 2024, según datos obtenidos en el VIII Censo de Población y VII Vivienda.

3.2 | METODOLOGÍA

Para evaluar la relación de largo plazo entre el crecimiento económico y degradación ambiental, se especifica una función ambiental basada en la hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental (CKA), se emplea un modelo de regresión cuadrática lineal multivariado, el cual es el enfoque estándar para capturar la relación de "U" invertida entre el ingreso y la degradación ambiental. Para la especificación del modelo, se utilizan datos de series de tiempo anuales por el período comprendido desde 1970 a 2023; y, puede ser representado.

$$\ln(CO_{2,t}) = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(PIB_t) + \alpha_2 (\ln(PIB_t))^2 + \varepsilon_t \quad (1).$$

Donde $\ln(CO_{2,t})$ representa las emisiones de CO₂ per cápita, $\ln(PIB_t)$ es el ingreso real per cápita y $\ln(PIB_t)^2$ captura posibles no linealidades en la relación ingreso-emisiones. De acuerdo con la hipótesis de la CKA, se espera que $\alpha_1 > 0$ y $\alpha_2 < 0$, lo que implica una forma de U invertida. Considerando el carácter no estacionario de las series, se evalúan las propiedades estocásticas de las variables mediante pruebas de raíz unitaria ADF, Phillips-Perron (PP) y KPSS, adicionalmente, se emplea la prueba de Zivot-Andrews para considerar la posible presencia de una ruptura estructural endógena.

Una vez que se confirma que las variables son integradas de orden uno, $I(1)$, se analiza la existencia de relaciones de equilibrio a largo plazo mediante el enfoque de cointegración multivariada de Johansen. El sistema VAR en niveles se especifica como:

$$X_t = \mu + \sum_{i=1}^p \Phi_i X_{t-i} + u_t \quad (2).$$

Donde $X_t = [\ln(CO_{2,t}), \ln(PIB_t), \ln(PIB_t)^2]'$ es el vector de variables endógenas, μ es un vector de constantes Φ_i son matrices de coeficientes y u_t es un vector de perturbación. Si el rango de cointegración es $r > 0$, el sistema puede reescribirse como un Modelo de Corrección de Errores (VECM):

$$\Delta X_t = \Pi X_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta X_{t-i} + u_t \quad (3).$$

donde la matriz $\Pi = \alpha\beta'$ contiene la información de largo plazo, β es la matriz de vectores cointegrantes y α representa los coeficientes de ajuste hacia el equilibrio.

La ecuación correspondiente a las emisiones de CO₂ per cápita puede expresarse de forma explícita como:

$$\Delta \ln(CO_{2,t}) = \gamma_1 ECT_{1,t-1} + \gamma_2 ECT_{2,t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \delta_i \Delta X_{t-i} + \varepsilon_t \quad (4).$$

Donde $ECT_{j,t-1}$ son los términos de corrección del error derivados de las relaciones de cointegración. Un coeficiente $\gamma_2 < 0$ y estadísticamente significativo indica un mecanismo de ajuste estable hacia el equilibrio de largo plazo. A partir de los coeficientes estimados del vector cointegrante, el punto de giro de la CKA se obtiene como:

$$\ln PIB^* = -\frac{\beta_1}{2\beta_2} \quad (5).$$

² <https://datos.bancomundial.org/pais/ecuador>

Este valor identifica el nivel de ingreso per cápita a partir del cual el impacto marginal del crecimiento económico sobre las emisiones se vuelve negativo. Para examinar los efectos dinámicos de shocks económicos sobre las emisiones de CO₂, se emplean funciones impulso-respuesta (IRF) derivadas del VAR equivalente al VECM. Las IRF permiten analizar la trayectoria temporal de $\ln(CO_{2,t})$ frente a un shock estructural unitario en $\ln(PIB_t)$ y $\ln(PIB_t)^2$:

$$IRF_h = \frac{\partial \ln(CO_{2,t+h})}{\partial \ln(PIB_t)} \quad (6).$$

Donde h representa el horizonte temporal. Los intervalos de confianza se obtienen mediante simulaciones bootstrap. Finalmente, se utiliza la descomposición de la varianza del error de pronóstico para cuantificar la proporción de la variabilidad futura de las emisiones de CO₂ atribuible a shocks en el ingreso per cápita y su término cuadrático:

$$FEVD_h^{CO_2} = \frac{\sum_{i=0}^{h-1} (e'_{CO_2} A_i \Sigma e_j)^2}{\sum_{i=0}^{h-1} (e'_{CO_2} A_i \Sigma A_i' e_{CO_2})} \quad (7).$$

Este análisis permite identificar la importancia relativa de los factores económicos en la dinámica ambiental de mediano y largo plazo. Por último; y, no menos importante, se evalúa la validez del modelo mediante pruebas de autocorrelación serial, heterocedasticidad condicional multivariada y normalidad de los residuos, de manera adicional, la estabilidad dinámica del sistema se verifica a partir de los autovalores de la matriz compañera del VAR equivalente, requiriéndose que todos se ubiquen dentro del círculo unitario.

Este enfoque permite obtener estimaciones robustas de elasticidades de corto y largo plazo, corregir problemas de autocorrelación y heterocedasticidad y evaluar con precisión la posición de Ecuador respecto al punto de inflexión ambiental.

4 | RESULTADOS

4.1 | ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS Y ANÁLISIS PRELIMINAR

Durante el período de la muestra, Ecuador exhibe un aumento sostenido del PIB per cápita, con un valor promedio de USD 4421 mientras que las emisiones de CO₂ per cápita promedian 1.83 toneladas métricas. El coeficiente de variación es sustancialmente mayor para las emisiones que para los ingresos, lo que indica una mayor volatilidad relativa a la presión ambiental en comparación con el crecimiento económico.

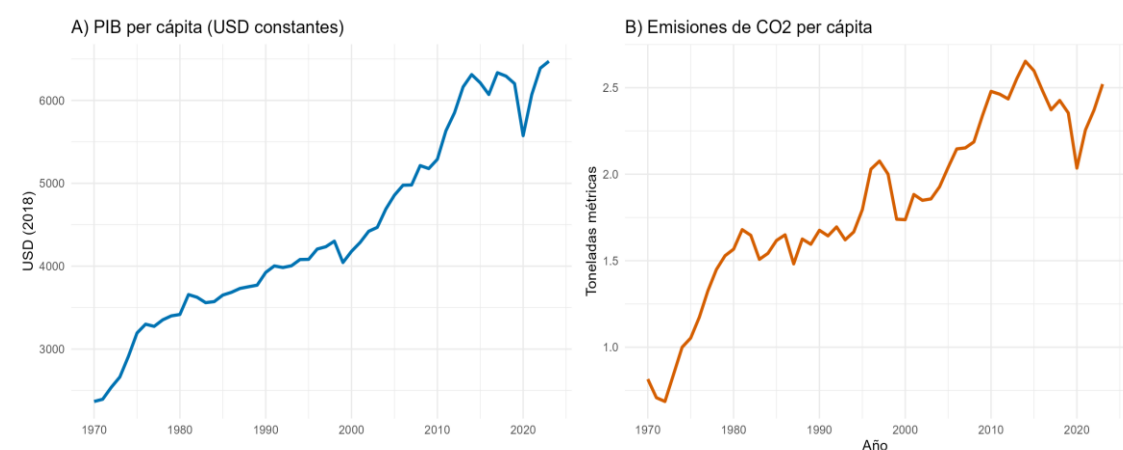
La Tabla 1 reporta las principales estadísticas descriptivas para las variables del PIB per cápita y las emisiones de dióxido de carbono per cápita, tanto en niveles como en logaritmos. Las variables se transforman a logaritmos con el fin de estabilizar la varianza y permitir una interpretación elástica.

Tabla 1. Principales estadísticos de las variables PIB per cápita y CO₂ per cápita

Variable	Min	Max	Mean	SD	CV	Skewness	Kurtosis
PIB_per_capita	2367	6472	4421	1170	0.265	0.300	2.049
CO2_per_capita	0.686	2.653	1.830	0.506	0.276	-0.429	2.606
lnPIB	7.770	8.775	8.359	0.270	0.032	-0.163	2.359
lnCO2	-0.377	0.976	0.558	0.327	0.586	-1.195	4.134

Fuente: Elaboración propia

La Figura 1 muestra que tanto el PIB per cápita como las emisiones de CO₂ presentan una tendencia creciente persistente, lo que sugiere la presencia de procesos no estacionarios y justifica el uso de pruebas de raíz unitaria y cointegración.

Figura 1. Evolución del PIB per cápita y Emisiones de CO₂ per cápita: 1970-2023

Fuente: Elaboración propia.

4.2 | PRUEBAS DE RAÍZ UNITARIA

Se realizaron las pruebas de raíz unitaria utilizando los procedimientos Dickey-Fuller Aumentado (ADF), Phillips-Perron (PP), KPSS y Zivot-Andrews. Las pruebas ADF y PP no rechazan la hipótesis nula de raíz unitaria para todas las variables en niveles, mientras que la prueba KPSS rechaza la hipótesis nula de estacionariedad.

Estos hallazgos indican que el PIB per cápita, su término al cuadrado y las emisiones de CO₂ no son estacionarios en niveles.

En primeras diferencias, las prueba ADF rechaza firmemente la hipótesis nula de raíz unitaria, lo que confirma que todas las variables son integradas de orden uno $I(1)$. Cabe destacar que la prueba Zivot-Andrews, que permite una ruptura estructural endógena, no altera esta conclusión. En la Tabla 2 se presentan los resultados de las pruebas de raíz unitaria

Tabla 2. Pruebas de raíz unitaria

Test/Variable	lnCO ₂	lnPIB	lnPIB ²
ADF(level, trend)	-3.866	-3.554	-3.365
5% critical value	-3.45	-3.45	-3.45
ADF (Δ , drift)	-5.349	-4.808	-4.919
5% critical value	-2.89	-2.89	-2.89
PP (level)	-2.151	-2.939	-2.848
PP(Δ)	-5.884	-6.343	-6.469
KPSS (level)	1.202	1.399	1.401
KPSS (trend)	0.168	0.092	0.094
Zivot-Andrews	-5.354	-3.434	-3.213
Orden de Integración	$I(1)$	$I(1)$	$I(1)$

Fuente: Elaboración propia.

En general, la evidencia conjunta confirma que las emisiones de CO₂ per cápita, el PIB per cápita y el PIB per cápita al cuadrado son de orden uno $I(1)$, en consecuencia, las variables comparten el mismo orden de integración, lo que satisface la condición necesaria para el análisis de cointegración.

4.3 | SELECCIÓN DE LONGITUD DE REZAGOS

La selección de la longitud de rezagos, basada en los criterios de Akaike, Schwarz y Hannan-Quinn, apunta consistentemente a una especificación VAR(1).

Esta estructura de rezago, con una estructura de rezago parsimoniosa, minimiza la pérdida de información y preserva las propiedades dinámicas del sistema.

La longitud del rezago seleccionada se utiliza posteriormente en las pruebas de cointegración de Johansen y en el Modelo de Vector de Corrección de Errores (VECM).

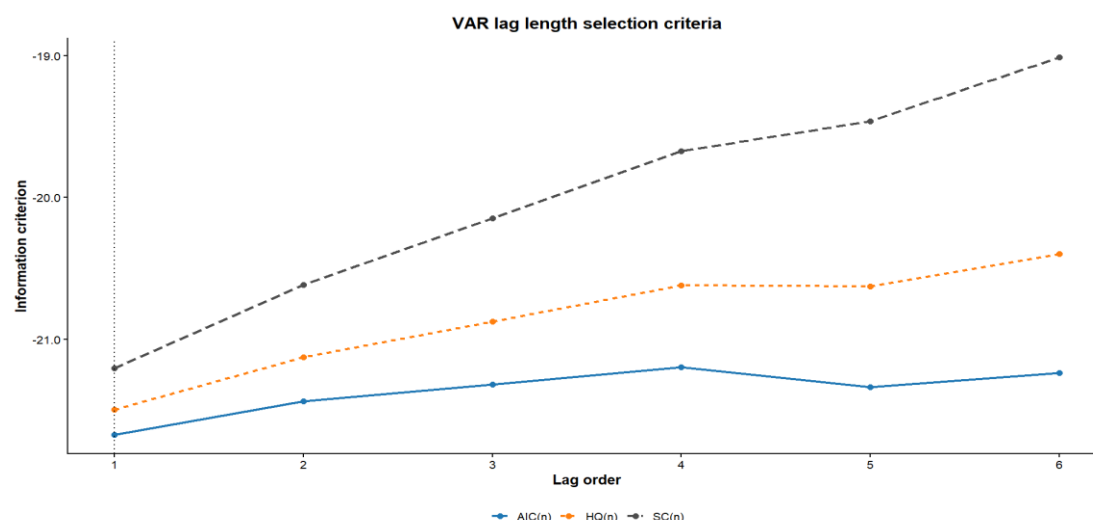
Tabla 3. Criterios de selección de la longitud del rezago del VAR

Lag	AIC (n)	HQ (n)	SC (n)	FPE (n)
1	-21.673	-21.496	-21.205	3.87e-10
2	-21.435	-21.125	-20.616	4.94e-10
3	-21.318	-20.876	-20.148	5.62e-10
4	-21.195	-20.620	-19.674	6.51e-10
5	-21.236	-20.629	-19.465	5.87e-10
6	-21.236	-20.396	-19.014	6.87e-10

Nota: La tabla informa los criterios de Akaike (AIC), Hanna-Quinn (HQ), Schwarz (SC) y Error de predicción Final (FPE) para ordenes de rezago del VAR de 1 a 6. El valor mínimo de cada criterio esta resaltado en negrita.

Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Gráfico de los criterios de selección del VAR



Fuente: Elaboración propia.

4.4 | PRUEBAS DE COINTEGRACIÓN DE JOHANSEN

Las pruebas de traza y valor propio máximo de Johansen proporcionan evidencia de cointegración entre las emisiones de CO₂, el PIB per cápita y el PIB per cápita al cuadrado. Ambas pruebas indican la presencia de dos relaciones de cointegración con un nivel de significancia del 5%.

La existencia de cointegración implica una relación de equilibrio estable a largo plazo que vincula el crecimiento económico y la degradación ambiental en Ecuador. Este resultado proporciona respaldo econométrico formal de la hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets (CKA) a largo plazo.

La Tabla 4 presenta los resultados de la prueba de cointegración de Johansen basada en el estadístico de valor propio máximo. La Hipótesis nula de ausencia de cointegración ($r = 0$) se rechaza firmemente con un nivel de significancia del 5%. De igual forma, se rechaza la hipótesis de que existe como máximo un vector de cointegración ($r \leq 1$), mientras que la hipótesis nula de que existen como máximo dos relaciones de cointegración ($r \leq 2$) no puede rechazarse.

Tabla 4. Pruebas de cointegración de Johansen (*máximum eigenvalue*)

Hipótesis	$\lambda_{\max}$ statistic	10% CV	5% CV	1% CV	Decisión (5%)
$r = 0$	43.37	19.77	22.00	26.81	Rechaza H_0
$r \leq 1$	18.98	13.75	15.67	20.20	Rechaza H_0
$r \leq 2$	6.83	7.52	9.24	12.97	No Rechaza

Nota: $\lambda_{\max}$ statistic denota el estadístico de valor propio. Los valores críticos provienen de Johansen (1995). El VAR incluye una constante en la ecuación de cointegración y dos rezagos.

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados indican la presencia de dos vectores de cointegración entre las emisiones de CO₂, el PIB real per cápita y su término al cuadrado, lo que confirma la existencia de relaciones de equilibrio a largo plazo entre las variables.

4.5 | RELACIÓN DE LARGO PLAZO Y CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL

a. Especificación de la relación de largo plazo

Dada la evidencia de cointegración entre las emisiones de CO₂ per cápita, el ingreso per cápita y su término cuadrático, se procede a estimar la relación de equilibrio de largo plazo mediante una especificación cuadrática del ingreso, consistente con la hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental (CKA).

La relación de largo plazo entre las emisiones y crecimiento económico se modela a través de una especificación cuadrática del ingreso per cápita, consistente con la hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental (CKA) conforme a la ecuación (1).

b. Vector cointegrante y evidencia de la Curva de Kuznets

La Tabla 5 representa el vector cointegrante normalizado obtenido a partir del procedimiento de Johansen. Los coeficientes estimados para el ingreso per cápita y su término cuadrático muestran signos opuestos y estadísticamente coherentes con la hipótesis de la CKA.

Tabla 5. Pruebas de cointegración de Johansen (*máximum eigenvalue*)

Variable	Coefficiente
lnPIB	25.134
lnPIB ²	-1.519
Constante	-104.572

Fuente: Elaboración propia

La relación cointegrante está normalizada respecto a lnCO₂. De manera particular, el coeficiente asociado al lnPIB es positivo ($\beta_1 = 25.134$), mientras que el coeficiente del término cuadrático es negativo ($\beta_2 = -1.519$), lo que indica una relación no lineal en forma de U invertida entre el ingreso y las emisiones de CO₂ per cápita.

Este resultado sugiere que, en las primeras etapas del crecimiento económico, el aumento del ingreso se asocia con mayores niveles de emisiones, mientras que a partir de cierto umbral de ingreso la relación se revierte.

Desde una perspectiva económica, esta evidencia respalda la existencia de mecanismos estructurales de largo plazo, como cambios tecnológicos, mejoras en eficiencia energética y transformaciones en la estructura productiva, que moderan la presión ambiental conforme aumenta el nivel de desarrollo.

c. Turning Point de la Curva de Kuznets Ambiental en Ecuador

A partir de los coeficientes estimados del vector cointegrante, se calcula el punto de giro de la CKA como se especifica en la ecuación 5. El valor estimado del punto de inflexión es $\ln \text{PIB}^* = 8.274$, lo que corresponde a un ingreso per cápita aproximadamente de USD 3,920 en términos reales.

Este resultado implica que, para niveles de ingresos inferiores a dicho umbral, el crecimiento económico se asocia con un aumento de las emisiones de CO₂, mientras que solo a partir de ese nivel de desarrollo económico las emisiones tenderían a disminuir.

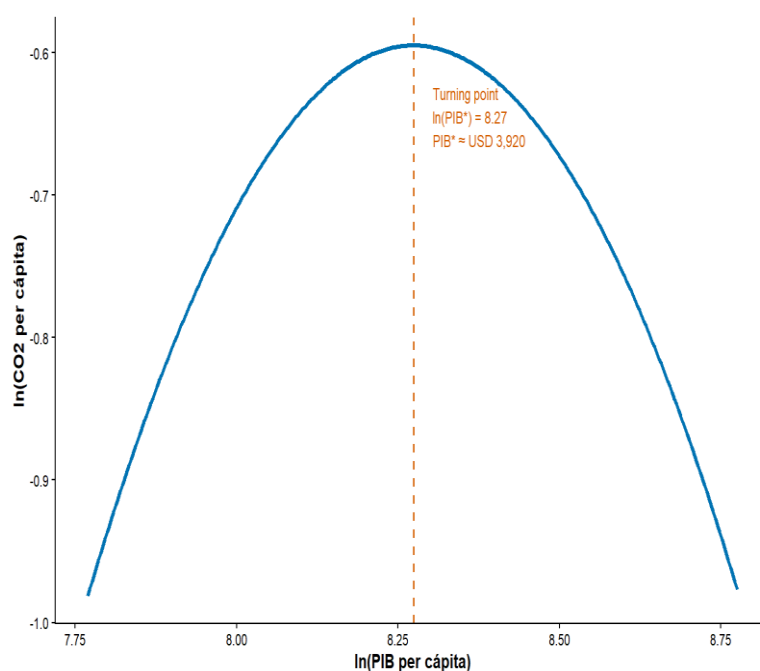
Dado que el ingreso per cápita promedio de Ecuador durante el período de análisis se ubica mayoritariamente por debajo de este umbral, los resultados sugieren que el país aún se encuentra en la fase ascendente de la CKA, lo que refuerza la necesidad de políticas ambientales activas y no confiar exclusivamente en el crecimiento económico como mecanismo automático de reducción de emisiones.

d. Curva de Kuznets Ambiental de largo plazo

La Figura 3 presenta la Curva de Kuznets Ambiental estimada a partir del vector cointegrante de largo plazo. La trayectoria estimada muestra claramente una forma de U invertida, coherente con la evidencia econométrica presentada de manera previa. La línea vertical discontinua indica el punto de giro estimado, permitiendo visualizar que la mayor parte del rango observado del ingreso per cápita se encuentra a la izquierda del umbral de inflexión.

Este resultado confirma que la reducción de emisiones no es una relación automática del crecimiento económico, en este caso, la transición hacia una trayectoria ambientalmente sostenible requiere intervenciones deliberadas en materia de política energética, innovaciones tecnológicas y regulación ambiental.

Figura 3. Punto de Giro de la Curva de Kuznets Ambiental en Ecuador. Elaboración propia



4.6 | DINÁMICA DE CORTO PLAZO: MODELO DE CORRECCIÓN DE ERROR (VECM)

a. Ajuste hacia el equilibrio de largo plazo

Dado que las variables del sistema están cointegradas, se estima un Modelo de Corrección de Error (VECM) para analizar la dinámica de corto plazo y el proceso de ajuste hacia el equilibrio de largo plazo. En la Tabla 6 se presenta la dinámica de corto plazo y ajuste de equilibrio a largo plazo.

Tabla 6. Dinámica corto plazo y ajuste al equilibrio largo plazo (VECM) – Variable dependiente: $\Delta \ln(\text{CO}_2 \text{ per cápita})$

Variable	Coefficiente	Error estándar	t-stat	p-valor
ECT_1	-0.5860	0.131	-4.458	0.000
ECT_2	8.7523	2.896	3.022	0.004
$\Delta \ln CO_{2t-1}$	-0.2565	0.156	-1.642	0.107
$\Delta \ln PIB_{t-1}$	2.1903	7.4817	0.293	0.771
$\Delta \ln PIB_{t-1}^2$	-0.1051	0.4406	-0.238	0.813

Nota: ECT_1 y ECT_2 representan los términos de corrección del error derivados del test de cointegración de Johansen.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados indican que el primer término de corrección del error presenta un coeficiente negativo y estadísticamente significativo (-0.586), lo que confirma la existencia de un mecanismo de ajuste estable hacia el equilibrio de largo plazo. En términos económicos, este valor implica que aproximadamente el 59% de los desajustes respecto al equilibrio de largo plazo se corrigen en un solo período.

El segundo término de corrección del error también resulta estadísticamente significativo, lo que refleja la presencia de más de una relación de equilibrio relevante en el sistema, consistente con los resultados del test de Johansen.

b. Dinámica de corto plazo y exogeneidad

En contraste con el ajuste observado en la ecuación de emisiones, las ecuaciones correspondientes al ingreso per cápita y a su término cuadrático no presentan coeficientes significativos en los términos de corrección del error.

Esta evidencia sugiere que el ingreso puede considerarse débilmente exógeno en el sistema, mientras que las emisiones de CO_2 son la variable que responde activamente a los desajustes de largo plazo. En la Tabla 7 se presentan los resultados de la dinámica a corto plazo.

Tabla 7. Dinámica corto plazo: ecuación ingreso per cápita (exogeneidad débil) – Variable dependiente: $\Delta \ln(\text{PIB per cápita})$

Variable	Coefficiente	Error estándar	t-stat	p-valor
ECT_1	-0.0742	0.0859	-0.863	0.392
ECT_2	-0.3618	1.8921	-0.191	0.849
$\Delta \ln CO_{2t-1}$	0.0033	0.1020	0.032	0.974
$\Delta \ln PIB_{t-1}$	1.3298	4.8884	0.272	0.787
$\Delta \ln PIB_{t-1}^2$	-0.0721	0.02879	-0.251	0.803

Nota: Ninguno de los términos de corrección del error resulta estadísticamente significativo, lo que sugiere que el ingreso per cápita puede considerarse débilmente exógeno en el sistema.

Fuente: Elaboración propia

En ese mismo orden de ideas, los coeficientes asociados a las variables en diferencias no resultan estadísticamente significativos, lo que indica que la dinámica de corto plazo tiene un papel limitado frente a los mecanismos de ajuste de largo plazo.

Este resultado refuerza la interpretación de que la relación entre crecimiento económico y emisiones en Ecuador está dominada por factores estructurales persistentes más que por fluctuaciones transitorias.

En la Tabla 8 se presentan los resultados de la dinámica a corto plazo considerando la ecuación del ingreso cuadrático.

Tabla 8. Dinámica de corto plazo: ecuación del ingreso cuadrático – Variable dependiente: $\Delta \ln(\text{PIB}^2 \text{ per cápita})$

Variable	Coefficiente	Error estándar	t-stat	p-valor
ECT_1	-1.2637	1.4609	-0.865	0.391
ECT_2	-3.2075	32.1857	-0.100	0.921
$\Delta \ln CO_{2t-1}$	-0.0049	1.7359	-0.003	0.998
$\Delta \ln PIB_{t-1}$	22.9150	83.1549	0.276	0.784
$\Delta \ln PIB_{t-1}^2$	-1.2398	4.8976	-0.253	0.801

Nota: La ausencia de significancia estadística en los términos de corrección del error confirma que el término cuadrático del ingreso no ajusta a los desequilibrios de largo plazo, reforzando la exogeneidad del ingreso en el sistema.

Fuente: Elaboración propia

c. Implicaciones económicas

Los resultados obtenidos a partir del Modelo de Corrección de Errores (VECM) aportan evidencia relevante sobre los mecanismos económicos que vinculan el crecimiento económico y la degradación ambiental en Ecuador. En primer lugar, la significancia estadística y el signo negativo del principal término de corrección del error en la ecuación de emisiones de CO_2 per cápita confirman que los desajustes respecto al equilibrio de largo plazo se corrigen fundamentalmente a través de la variable ambiental. Este resultado sugiere que las emisiones responden endógenamente a las presiones estructurales del sistema económico, mientras que el ingreso per cápita no actúa como una variable de ajuste, reforzando su carácter débilmente exógeno.

Desde una perspectiva económica, esta dinámica implica que el crecimiento no incorpora de manera automática incentivos suficientes para inducir mejoras ambientales. En ausencia de mecanismos de política específicos, el sistema tiende a restablecer el equilibrio de largo plazo mediante variaciones en las emisiones, lo que refleja una trayectoria de crecimiento ambientalmente intensiva. Este comportamiento es consistente con economías cuya estructura productiva y matriz energética mantienen una elevada dependencia de actividades intensivas en carbono, limitando el potencial del crecimiento para generar un desacople sostenible entre actividad económica y presión ambiental.

La falta de significancia estadística de las variables en diferencia rezagadas indica que los efectos de corto plazo tienen un papel limitado frente a los mecanismos de ajuste de largo plazo. Este resultado sugiere que las fluctuaciones cíclicas del ingreso o de las emisiones no alteran sustancialmente la trayectoria ambiental del país, la cual está dominada por factores estructurales persistentes, como el patrón de especialización productiva, el nivel tecnológico y la composición de la matriz energética. En este contexto, las estrategias basadas exclusivamente en políticas coyunturales o de estímulo de corto plazo resultan insuficientes para modificar la dinámica ambiental de manera sostenible.

La evidencia empírica indica que las emisiones de CO_2 per cápita en Ecuador ajustan endógenamente hacia la trayectoria de largo plazo definida por la Curva de Kuznets Ambiental, mientras que el ingreso per cápita actúa como una variable impulsora del sistema. Desde el punto de vista económico, esto implica que la compatibilización entre crecimiento y sostenibilidad ambiental requiere intervenciones deliberadas orientadas a transformar los determinantes estructurales del crecimiento, particularmente mediante políticas de transición energética, mejoras en eficiencia productiva e incentivos a la innovación tecnológica. En ausencia de estos cambios, el crecimiento económico tenderá a reproducir una senda ambientalmente sostenible, dificultando el cumplimiento de los compromisos climáticos de largo plazo asumidos por el país.

Finalmente, un aspecto distintivo de los resultados de la presente investigación, que fortalece la validez de las implicaciones expuestas, es el empleo de la serie del PIB per cápita expresado en series de volumen encadenado con año de referencia 2018. A diferencia de estudios previos que utilizaron series con base fija en el año 2007, esta actualización metodológica elimina las distorsiones de precios relativos obsoletos. De este modo, se proporciona una base técnica robusta para el diseño de políticas públicas alineadas con la estructura productiva contemporánea del Ecuador y sus actuales compromisos de sostenibilidad.

4.7 | DINÁMICA DE AJUSTE Y TRANSICIÓN DE SHOCKS: IRF Y FEVD

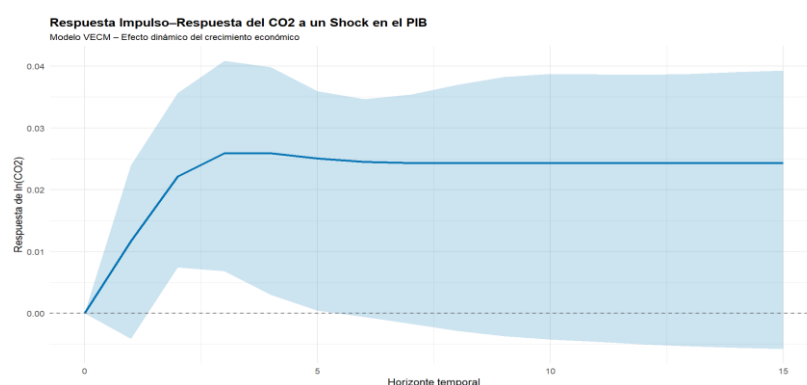
a. Impulso-respuesta de las emisiones de CO₂

En este apartado presentamos la respuesta dinámica de las emisiones de CO₂ per cápita ante un shock positivo en el ingreso per cápita, estimada a partir del modelo VECM. Los resultados muestran que un aumento inesperado del PIB genera una respuesta positiva, inmediata y persistente de las emisiones.

De manera particular, la respuesta del CO₂ es creciente durante los primeros períodos, alcanzando un máximo alrededor del tercer horizonte temporal, y posteriormente converge hacia un nivel positivo estable. Este patrón indica que el crecimiento económico incrementa las emisiones de manera sostenida en el corto y mediano plazo, lo que es consistente con una fase inicial de la Curva de Kuznets Ambiental, donde la expansión económica intensifica el uso de la energía y la presión ambiental.

En ese mismo orden de ideas, podemos evidenciar en la Figura 4 que el intervalo de confianza no incluye el cero a partir de los primeros horizontes, lo que sugiere que el efecto es estadísticamente significativo y robusto. Este resultado refuerza la evidencia obtenida en la ecuación de corrección del error, donde las emisiones son la variable que ajusta activamente ante los desequilibrios del sistema.

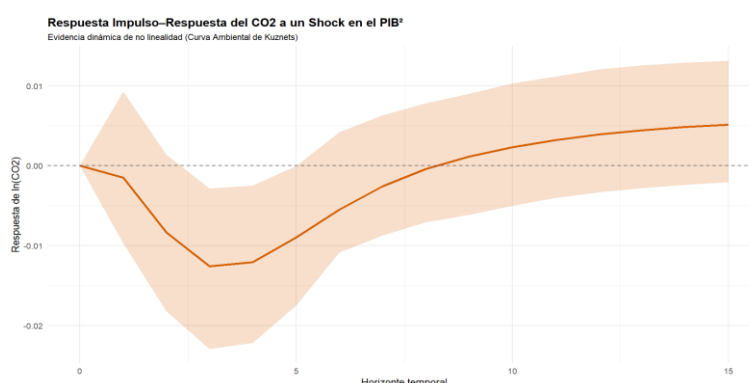
Figura 4. Dinámica de Emisiones de CO₂ ante un shock en el PIB



Nota: Un shock positivo del PIB eleva persistentemente las emisiones de CO₂ respuesta inmediata creciente, pico en el tercer período y estabilización positiva. Intervalos de confianza excluye cero desde inicio, confirmando significancia estadística. Esto refleja la fase inicial de la CKA donde el crecimiento económico intensifica el uso energético y la presión ambiental, coincidiendo con el ajuste activo de emisiones en la ecuación de corrección de errores.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Dinámica de Emisiones de CO₂ ante un shock en el PIB²



Nota: Los resultados revelan una respuesta inicialmente negativa, seguida de recuperación gradual hacia cero y levemente positiva. Crecimiento inicial eleva emisiones, pero altos ingresos activan compensaciones. Intervalos de confianza muestran incertidumbre inicial, pero dinámica general confirma no linealidad (VECM y cointegración).

Fuente: Elaboración propia

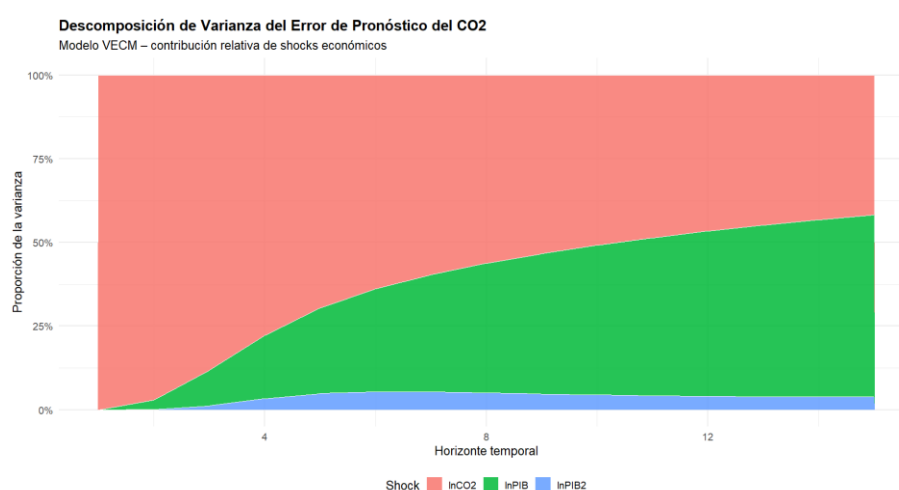
La Figura 5 presenta el análisis de la respuesta de las emisiones ante un shock en el término cuadrático del ingreso, lo cual permite evaluar la no linealidad dinámica característica de la Curva de Kuznets Ambiental. La gráfica permite apreciar una respuesta inicialmente negativa de las emisiones de CO₂ durante los primeros horizontes, seguida de una recuperación gradual que converge hacia valores cercanos a cero y posteriormente levemente positivos. Este comportamiento sugiere que, a niveles más altos de ingresos, el impacto marginal del crecimiento sobre las emisiones se atenúa e incluso puede revertirse transitoriamente, lo cual es coherente con la hipótesis de la CKA.

Aunque los intervalos de confianza reflejan cierta incertidumbre en los primeros períodos, la dinámica generar respalda la existencia de una relación no lineal entre crecimiento económico y emisiones, complementando la evidencia obtenida en la estimación del VECM y en la significancia conjunta del sistema cointegrado.

b. Descomposición de la varianza del error de pronóstico

Con el objetivo de analizar la importancia relativa de los distintos shocks en la dinámica del sistema, se emplea la descomposición de la varianza del error de pronóstico (FEVD) derivada del VAR equivalente al VECM estimado, lo que nos permite identificar la contribución de los shocks propios y cruzados en la explicación de la variabilidad de cada variable a lo largo del horizonte temporal, lo cual se muestra en la Figura 6.

Figura 6. Descomposición de la Varianza del Error de Pronóstico del CO₂ (FEVD).



Fuente: Elaboración propia

Se puede identificar que, en el caso de las emisiones, los resultados muestran que, si bien en el corto plazo la mayor parte de la variabilidad es explicada por shocks propios, su importancia relativa disminuye progresivamente a medida que aumenta el horizonte de pronóstico. En particular, a partir del décimo período, los shocks asociados al ingreso per cápita adquieren un rol dominante.

En el horizonte de largo plazo (15 períodos), aproximadamente el 54% de la varianza del error de pronóstico de las emisiones de CO₂ per cápita es explicada por shocks en el ingreso per cápita, mientras que los shocks propios representan alrededor del 42% lo cual confirma el rol impulsor del ingreso en la dinámica ambiental. Lo anterior se puede observar en la Tabla 9.

Tabla 9. FEVD de las emisiones de CO₂ per cápita a distintos horizontes

Horizonte	Shock lnCO ₂	Shock lnPIB	Shock lnPIB ₂
5	0.696	0.255	0.049
10	0.509	0.447	0.044
15	0.418	0.543	0.039

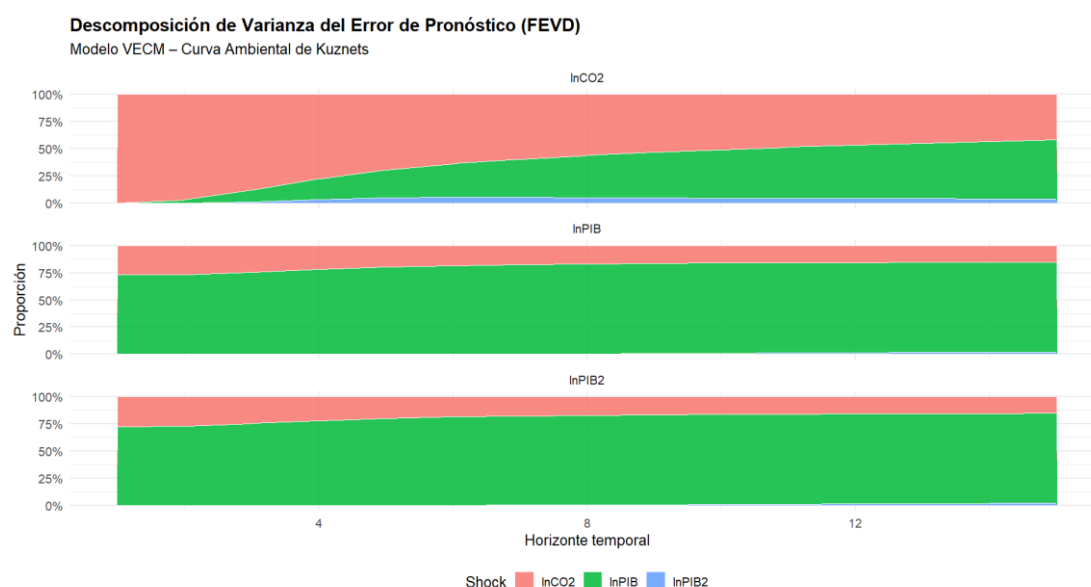
Nota: Valores expresados como proporción de la varianza total.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 7 podemos identificar qué proporción de la incertidumbre futura de cada variable se explica por shocks propios o shocks del resto del sistema, de manera particular, podemos identificar en el panel de $\ln\text{PIB}$ la varianza esta explicada casi totalmente por shock propios, existe una contribución mínima de $\ln\text{CO}_2$ y $\ln\text{PIB}^2$, lo cual se interpreta que el ingreso per cápita es débilmente exógeno, consistente con el VECM y la no significancia de los ECT en la ecuación.

Por otro lado, en el panel de $\ln\text{PIB}^2$ tiene un comportamiento casi idéntico a $\ln\text{PIB}$ y aportes marginales de las otras variables del sistema, lo que sugiere que el término cuadrático no es un canal dinámico independiente, sino un mecanismo de no linealidad de largo plazo.

Figura 7. Descomposición de la Varianza del Error de Pronóstico del CO_2 , $\ln\text{PIB}$ y $\ln\text{PIB}^2$.



Fuente: Elaboración propia

Estos resultados refuerzan la evidencia obtenida a partir del VECM, confirmando que el ingreso per cápita actúa como una variable impulsora del sistema, mientras que las emisiones de CO_2 responden de manera endógena a los shocks económicos, en línea con la hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental.

En conjunto, estos resultados validan la correcta especificación del modelo y la confiabilidad de las inferencias dinámicas, las mismas que se presentan en el Anexo.

5 | CONCLUSIONES

Este estudio empírico analizó la relación entre el crecimiento económico y emisiones de CO_2 per cápita en Ecuador desde una perspectiva dinámica de largo y corto plazo, utilizando un enfoque econométrico basado en cointegración y modelos de vector de corrección de errores (VECM). Los resultados proporcionan evidencia robusta a favor de la hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental (CKA) para el caso ecuatoriano, al identificar una relación no lineal de largo plazo en forma de U invertida entre el ingreso per cápita y las emisiones.

La estimación del vector cointegrante muestra que el ingreso per cápita tiene un efecto positivo sobre las emisiones en niveles bajos de desarrollo, mientras que su término cuadrático presenta un coeficiente negativo, consistente con la existencia de un punto de giro a partir del cual el crecimiento económico se asocia con una reducción de las emisiones. El punto de inflexión estimado sugiere que Ecuador aún se encuentra mayoritariamente en la fase ascendente de la CKA, lo que implica que el crecimiento económico, por sí solo, no constituye un mecanismo automático de mejora ambiental.

Desde la perspectiva dinámica, el VECM confirma que las emisiones de CO_2 per cápita ajustan de manera endógena hacia el equilibrio de largo plazo, con una velocidad de corrección elevada, mientras que el ingreso per cápita y su término cuadrático pueden considerarse débilmente exógenos. Esta evidencia indica que el crecimiento económico actúa como una fuerza impulsora del sistema, mientras que las emisiones responden a los desajustes estructurales acumulados en el largo plazo.

Los análisis de impulso-respuesta refuerzan esta interpretación al mostrar que un shock positivo en el ingreso genera inicialmente un aumento de emisiones, seguido de una moderación gradual, consistente con la dinámica de la CKA. De igual manera, la descomposición de la varianza del error de pronóstico revela que, en horizontes largos, más de la mitad de la variabilidad de las emisiones es explicada por shocks en el ingreso per cápita, mientras que los shocks propios pierden importancia relativa.

De manera conjunta, los resultados sugieren que la transición hacia una senda de crecimiento ambientalmente sostenible en Ecuador requiere políticas activas orientadas a la transformación de la estructura productiva, la mejora de la eficiencia energética y la adopción de tecnologías limpias. Confiar de manera exclusiva en el crecimiento económico como mecanismo de reducción de emisiones resulta insuficiente, por esta razón, futuras investigaciones podrían ampliar este enfoque incorporando variables energéticas, institucionales o espaciales, así como explorar posibles asimetrías y no linealidades adicionales en la dinámica ingreso-emisiones.

Referencias

- [1] Almeida Quinteros, D. A. (2013). Crecimiento económico y medio ambiente: la curva ambiental de Kuznets para el Ecuador en el periodo 1970–2010.
- [2] Al-Mulali, U., Saboori, B., & Ozturk, I. (2015). Investigating the environmental Kuznets curve hypothesis in Vietnam. *Energy policy*, 76, 123-131
- [3] Apergis, N., & Ozturk, I. (2015). Testing environmental Kuznets curve hypothesis in Asian countries. *Ecological indicators*, 52, 16-22
- [4] Brooks, W. (2025). Environmental Challenges, COVID-19, and Economic Dynamics in the American Continent.
- [5] Carrión López, K. P. (2025). *Relación entre el crecimiento económico y su impacto en el medio ambiente en Ecuador: comparación entre las provincias de Pichincha y Sucumbíos, Guayas y El Oro (2010-2022)* (Bachelor's thesis).
- [6] Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets curve hypothesis: a survey. *Ecological economics*, 49(4), 431-455.
- [7] Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement.
- [8] Jiménez Jaramillo, S. C. (2018). *Curva de Kuznets para Ecuador Un análisis del impacto del crecimiento económico en el medio ambiente* (Bachelor's thesis).
- [9] Ministerio de Ambiente y Energía. (2025). Estrategia Nacional de Acción para el Empoderamiento Climático de Ecuador (ENACE) 2026-2035. <https://www.ambienteyenergia.gob.ec/ambiente/wp-content/uploads/downloads/2025/09/ENACE-2026-2035.pdf>
- [10] Ministerio del Ambiente y Agua. (2019). *Primera Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de la República del Ecuador*. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Primera%20NDC%20Ecuador.pdf>
- [11] Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2025). *Segunda Contribución Determinada a Nivel Nacional de la República del Ecuador 2026-2035*. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. <https://unfccc.int/sites/default/files/2025-02/Segunda%20NDC%20de%20Ecuador.pdf>
- [12] Montero, M. O. V. (2023). Análisis estadístico de la curva ambiental de Kuznets, mediante el modelo VAR: crecimiento económico del Ecuador periodo 1973-2021. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(1), 1145-1156
- [13] Mullo Parco, A. O. (2018). *Crecimiento económico y medio ambiente: aplicación de la curva ambiental de kuznets para el Ecuador, periodo 1970-2015* (Bachelor's thesis, Universidad Nacional de Chimborazo, 2018)
- [14] Naciones Unidas. (2015). *Acuerdo de París*. https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf
- [15] Pablo-Romero, M. D. P., & De Jesús, J. (2016). Economic growth and energy consumption: The energy-environmental Kuznets curve for Latin America and the Caribbean. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 1343-1350.
- [16] Panayotou, T. (1993). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development.
- [17] Rodríguez-Cruz, L. X., & Cruz, R. V. B. (2022). Descomposición de la variación del índice de intensidad energética y desacople de la economía en Ecuador. *Compendium: Cuadernos de Economía y Administración*, 9(2), 115-130.
- [18] Shahbaz, M., & Sinha, A. (2019). Environmental Kuznets curve for CO2 emissions: a literature survey. *Journal of Economic Studies*, 46(1), 106-168.
- [19] Stern, D. I. (2004). The rise and fall of the environmental Kuznets curve. *World development*, 32(8), 1419-1439.
- [20] Vega-Quezada, C. A., Varela-Veliz, G. D., Martínez-Jiménez, D. A., & Soto-González, C. O. (2019). Perspectivas sobre Crecimiento Económico y Medio Ambiente: Curva Ambiental de Kuznets en la Alianza del Pacífico. *Cumbres*, 5(2), 23-32.
- [21] Villavicencio, D. M., Tapia, K. I., & Endara, P. (2024). EFECTO DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO SOBRE LA CONTAMINACIÓN ENTRE 2000-2018: LA CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL (CKA). *Universidad-Verdad*, (85), 38-65.

6 | ANEXOS

Anexo 1. Pruebas de diagnóstico del VECM

Prueba	Estadístico	gl	p-valor	Resultado
Portmanteau LM (12 rezagos)	69.0	93	1.000	No autocorrelación
ARCH multivariado	240.0	432	1.000	No heterocedasticidad
Jarque-Bera (multivar.)	4.80	6	0.600	Normalidad

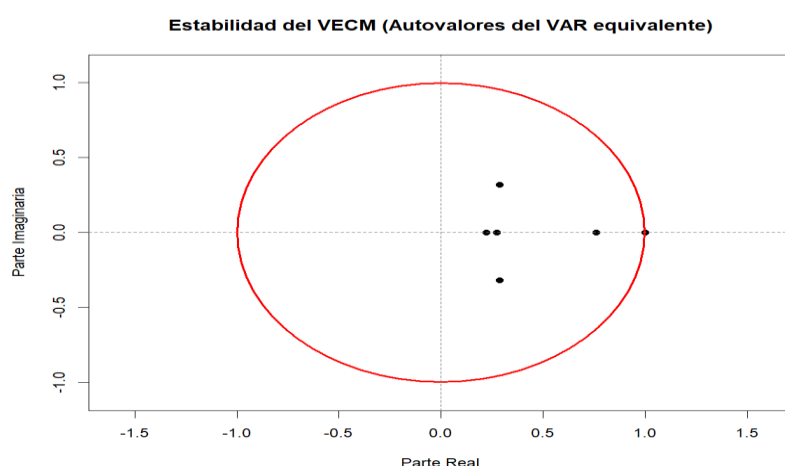
Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Estabilidad del VECM

Autovalor	Módulo
λ_1	1.000
λ_2	0.762
λ_3	0.430
λ_4	0.430
λ_5	0.273
λ_6	0.222

Nota: Todos los autovalores se encuentran dentro o sobre el círculo unitario, confirmando estabilidad dinámica del sistema

Anexo 3. Gráfico de la estabilidad del VECM



Nota: La Figura 4 muestra que todos los autovalores se encuentran estrictamente dentro del círculo unitario, lo que confirma que el sistema es dinámicamente estable y que los impulsos transitorios se disipan en el tiempo.



Publicado por **Revista Económica**, este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Internacional Commons Atribución 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visite:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

© Autor(es) 2025