



IMPACTO AMBIENTAL Y FISCAL DE LOS IMPUESTOS VERDES EN LA UE (2011-2022)

DOI: 10.5281/zenodo.21399070

Ana Verónica Solórzano Díaz

<https://orcid.org/0009-0006-3006-4939>

Economista Empresarial de la
Universidad Metropolitana de Caracas.
Venezuela.

E-mail: ana.solorzano@correo.unimet.edu.ve

Javier Alejandro Lyon Herrera

<https://orcid.org/0009-0003-5409-1198>

Economista Empresarial de la
Universidad Metropolitana de Caracas.
Venezuela.

E-mail: javier.lyon@correo.unimet.edu.ve

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo analizar el impacto de los impuestos ambientales en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y en la generación de ingresos fiscales en los 27 países de la Unión Europea (UE) durante el período 2011-2022. Para ello, se adoptó un enfoque metodológico cuantitativo basado en datos de Eurostat y Our World in Data, estimando modelos econométricos de datos de panel con efectos fijos. Los resultados revelan una disparidad según el contexto productivo, ya que en países menos industrializados un incremento del 1% en los impuestos ambientales se asocia con un aumento del 0,06% en las emisiones, mientras que en las economías más industrializadas genera una disminución del 0,02%. Asimismo, se valida la Curva de Kuznets Ambiental identificando un punto de inflexión cercano a los 31.270 euros de PIB per cápita, lo que permite concluir que la efectividad de estos impuestos depende de la estructura industrial y requiere políticas complementarias de transición energética y sostenibilidad fiscal.

Palabras clave: impuestos ambientales, cambio climático, emisiones, recaudación fiscal, datos de panel.

Recibido: 20-10-2025

Aceptado: 07-01-2026

ENVIRONMENTAL AND FISCAL IMPACT OF GREEN TAXES IN THE EU (2011-2022)

DOI: 10.5281/zenodo.21399070

Ana Verónica Solórzano Díaz

<https://orcid.org/0009-0006-3006-4939>

Business Economist,
Universidad Metropolitana de Caracas.
Venezuela.

E-mail: ana.solorzano@correo.unimet.edu.ve

Javier Alejandro Lyon Herrera

<https://orcid.org/0009-0003-5409-1198>

Business Economist,
Universidad Metropolitana de Caracas.
Venezuela.

E-mail: javier.lyon@correo.unimet.edu.ve

ABSTRACT

This paper aims to analyze the impact of environmental taxes on the reduction of greenhouse gas (GHG) emissions and the generation of fiscal revenues in the 27 European Union (EU) countries during the 2011-2022 period. A quantitative approach was adopted using data from Eurostat and Our World in Data, estimating fixed-effects panel data econometric models. Results reveal a disparity based on the productive context: in less industrialized countries, a 1% increase in environmental taxes is associated with a 0.06% rise in emissions, whereas in more industrialized economies, it leads to a 0.02% decrease. Furthermore, the Environmental Kuznets Curve is validated, identifying a turning point near 31,270 euros of GDP per capita, leading to the conclusion that the effectiveness of these taxes depends on the industrial structure and requires complementary policies for energy transition and fiscal sustainability.

Keywords: environmental taxes, climate change, emissions, fiscal revenue, panel data.

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento económico global ha estado vinculado a un uso intensivo de recursos naturales y emisiones contaminantes, generando una gran externalidad negativa: el cambio climático. Aunque el Acuerdo de París de 2015 estableció el compromiso global de limitar el calentamiento a 1,5 °C por encima de los niveles preindustriales, las mediciones registradas en enero de 2025 ya alcanzan un aumento de 1,75 °C (Naciones Unidas, 2025). Este incremento es atribuible, en gran medida, a la quema de combustibles fósiles, que ha elevado las concentraciones de CO₂ en la atmósfera en casi un 50% desde 1750 (NASA, 2024). El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) ha señalado que la actividad humana es el principal motor de estos cambios, que amenazan los ecosistemas, la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible a nivel mundial.

Ante este panorama, los impuestos ambientales emergen como una herramienta fundamental para reducir la contaminación, cumplir con los compromisos climáticos globales y fomentar la sostenibilidad y la transición energética (Quiroz, 2024). Estos impuestos buscan internalizar los costos ambientales al gravar actividades contaminantes, incentivando así a empresas y ciudadanos a adoptar prácticas más sostenibles. Según Eurostat (2024), estos se clasifican en cuatro categorías: impuestos sobre la energía (aplicados a combustibles fósiles), impuestos sobre el transporte (vinculados a vehículos y sus emisiones), e impuestos sobre la contaminación y el uso de recursos (dirigidos a actividades que generan contaminación o la extracción de recursos). La experiencia europea, como la de Noruega y Dinamarca, muestra que un diseño adecuado de los impuestos ambientales, con tasas suficientemente altas y bases imponibles claras, pueden simultáneamente reducir emisiones y generar ingresos fiscales, que pueden ser destinados al financiamiento de proyectos sostenibles y tecnologías limpias, como señalan Jiménez y Tovar (2024).

No obstante, la implementación óptima de los impuestos ambientales enfrenta desafíos importantes en la actualidad. Uno de los más significativos es el fenómeno de la fuga de carbono, donde empresas trasladan su producción a jurisdicciones con regulaciones ambientales menos estrictas, lo que limita la efectividad global de las medidas y afecta la competitividad nacional (Jiménez y Tovar, 2024). En paralelo, los impactos distributivos generan preocupación, ya que estos impuestos, al ser de carácter regresivo, afectan de forma desproporcionada a los hogares de menores ingresos, encareciendo la energía y el transporte. El movimiento de los “chalecos amarillos” en Francia ejemplifica esta problemática, ya que surgió en 2018 como respuesta al aumento de los impuestos sobre el combustible, percibido por amplios sectores de la población como una medida injusta que incrementaba el costo de vida (The Carbon Tax in France, s. f.). Estas limitaciones no invalidan la

efectividad de los impuestos ambientales, pero resaltan la necesidad de un diseño cuidadoso que incluya mecanismos complementarios, como la inversión en tecnologías limpias, educación ambiental y promoción de prácticas sostenibles.

A estas dificultades se suma la heterogeneidad en la implementación de los impuestos ambientales entre países de la UE, debido a factores históricos, institucionales y fiscales (EEA, 2022). Esta diversidad subraya la necesidad de una armonización regional que evite distorsiones competitivas, sin ignorar las particularidades nacionales en estructuras productivas y fiscales.

En este contexto de creciente preocupación por la eficacia de las políticas medioambientales y la necesidad de financiar la transición energética, emerge un problema central: la falta de un análisis sistemático que vincule de modo integral los efectos de los impuestos ambientales sobre la reducción de las emisiones de GEI y su contribución en la recaudación dentro de los países de la UE, considerando que los países presentan diferentes niveles de industrialización.

Si bien diversos estudios han abordado la relación entre los impuestos ambientales y la reducción de emisiones, todavía persiste la necesidad de un análisis que integre y evalúe de forma conjunta estos efectos. De esta manera, a partir de un modelo econométrico de datos de panel para el período 2011-2022 en la UE, este artículo busca abordar este vacío analítico, aportando evidencia empírica sobre la relación entre los impuestos ambientales y la reducción de emisiones, así como su potencial en la generación de ingresos fiscales.

El objetivo general de este artículo es analizar el impacto de los impuestos ambientales en la reducción de las emisiones de GEI y en la generación de ingresos fiscales en los países de la UE, entre los años 2011-2022, mediante un modelo econométrico de datos de panel. Para lograr esto, se busca: primero, determinar la relación entre la reducción de las emisiones de GEI y los impuestos ambientales; segundo, estimar la contribución media de los impuestos ambientales en la recaudación fiscal; y tercero, comparar el impacto de los impuestos ambientales en la reducción de emisiones de GEI en los países de la UE, tomando en cuenta su nivel de industrialización.

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Diseño y fuentes de datos

El estudio es de tipo exploratorio descriptivo, dado que busca analizar un tema poco estudiado. Para ello, adopta un diseño documental con enfoque cuantitativo, utilizando un modelo econométrico de datos de panel basado en fuentes secundarias

Impacto ambiental y fiscal de los impuestos verdes en la UE (2011-2022)

como técnica principal para la recolección de datos. Se utilizaron las bases de datos de Eurostat y Our World in Data, reconocidas por ofrecer información estadística confiable y estandarizada sobre diversos países a nivel europeo y global. Con este enfoque, el estudio

busca aportar evidencia preliminar y ampliar la comprensión de cómo los impuestos ambientales pueden influir tanto en la reducción de emisiones de GEI como en la recaudación fiscal en los países de la UE.

Tabla 1: Operacionalización de variables del modelo de emisiones

Nombre de la Variable	Abreviatura en el Modelo	Definición Operativa	Signo Esperado	Fundamento Teórico
Greenhouse gases emissions from production activities	GGE_PA	Emisiones totales de GEI de todas las actividades productivas de la economía, expresadas en kg de equivalente de CO2 per cápita.	Variable dependiente	Las emisiones de GEI son el principal indicador del impacto ambiental vinculado a la actividad económica. (IPCC, 2014)
Total Environmental Taxes % GDP	TET_GDP	Proporción de los impuestos ambientales expresados como porcentaje del PIB.	-	Los impuestos ambientales internalizan externalidades negativas, reduciendo la contaminación. (Pigou, 1932)
Real GDP per capita	RGDP_PC	PIB Real per cápita en euros a precios constantes ajustado por PPA.	+/-	Según la curva de Kuznets ambiental, a mayor ingreso, inicialmente aumentan las emisiones y luego disminuyen debido a la concientización ambiental. (Panayotou, 1993)
Share of Energy from Renewable Sources	EFRS	Participación de energías renovables en el consumo bruto final de energía.	-	La transición energética hacia fuentes renovables reduce las emisiones de GEI. (IEA, 2021)
Air Emissions Intensities	AEI	Intensidad de las emisiones atmosféricas por unidad de producción económica, medida en kg por euro de PIB.	+	Una alta intensidad de emisiones indica ineficiencia ambiental del sistema productivo. (Stern, 2007)
Environmental Protection Investments	EPI_GOV	Inversión pública total en protección ambiental expresada en millones de euros.	-	La inversión en protección ambiental impulsa la innovación y reducción de emisiones. (Porter & van der Linde, 1995)
Population	POP	Número total de habitantes, medido en millones de personas.	+	Un mayor tamaño poblacional incrementa la demanda de bienes, energía y recursos, elevando así las emisiones de GEI. (IPCC, 2014)

Fuente: Lyon & Solórzano (2025).

Tabla 2: Operacionalización de variables del modelo de recaudación

Nombre de la Variable	Abreviatura en el Modelo	Definición Operativa	Signo Esperado	Fundamento Teórico
Total General Government Revenue	TGGR	Ingresos totales del Gobierno General como porcentaje del PIB.	Variable dependiente	La recaudación del gobierno es el resultado de las políticas fiscales y de la capacidad del Estado para captar ingresos. (Musgrave & Musgrave, 1992).
Total Environmental Taxes % GDP	TET_GDP	Proporción de los impuestos ambientales expresados como porcentaje del PIB.	+	Los impuestos ambientales pueden aumentar la recaudación total sin distorsionar el sistema fiscal. (Ekins, 1999).

Nombre de la Variable	Abreviatura en el Modelo	Definición Operativa	Signo Esperado	Fundamento Teórico
Real GDP per capita	RGDP_PC	PIB Real per cápita en euros a precios constantes ajustado por PPA.	+	Un mayor ingreso per cápita se asocia con una mayor capacidad contributiva y demanda de servicios públicos. (Tanzi y Zee, 2000).
Environmental Protection Investments	EPI_GOV	Inversión pública total en protección ambiental expresada en millones de euros.	+	Una mayor inversión pública en protección ambiental podría estimular la actividad económica en sectores relacionados, generando mayores ingresos fiscales para el gobierno a través de impuestos sobre la producción, el empleo y las ganancias. (OECD, 2017).
Population	POP	Número total de habitantes, medido en millones de personas.	+	Una mayor población se asocia generalmente con una base impositiva más amplia y a una mayor demanda de bienes y servicios, lo que incrementa los ingresos públicos por impuestos. (Musgrave & Musgrave, 1992)

Fuente: Lyon & Solórzano (2025).

2.2. Técnicas de análisis.

Para el análisis de los datos se empleó una metodología estructurada en diversas fases. En primer lugar, la información fue organizada mediante hojas de cálculo en Microsoft Excel y Google Sheets, con el propósito de asegurar la coherencia y consistencia de las observaciones. Posteriormente, el procesamiento y análisis preliminar se realizaron con apoyo de los lenguajes Python y R. En Python se calcularon las estadísticas descriptivas iniciales, mientras que en RStudio se imputaron los valores faltantes mediante el algoritmo Classification and Regression Trees (CART), una técnica basada en árboles de decisión que permite estimar valores faltantes a partir de patrones predictivos no lineales entre las variables.

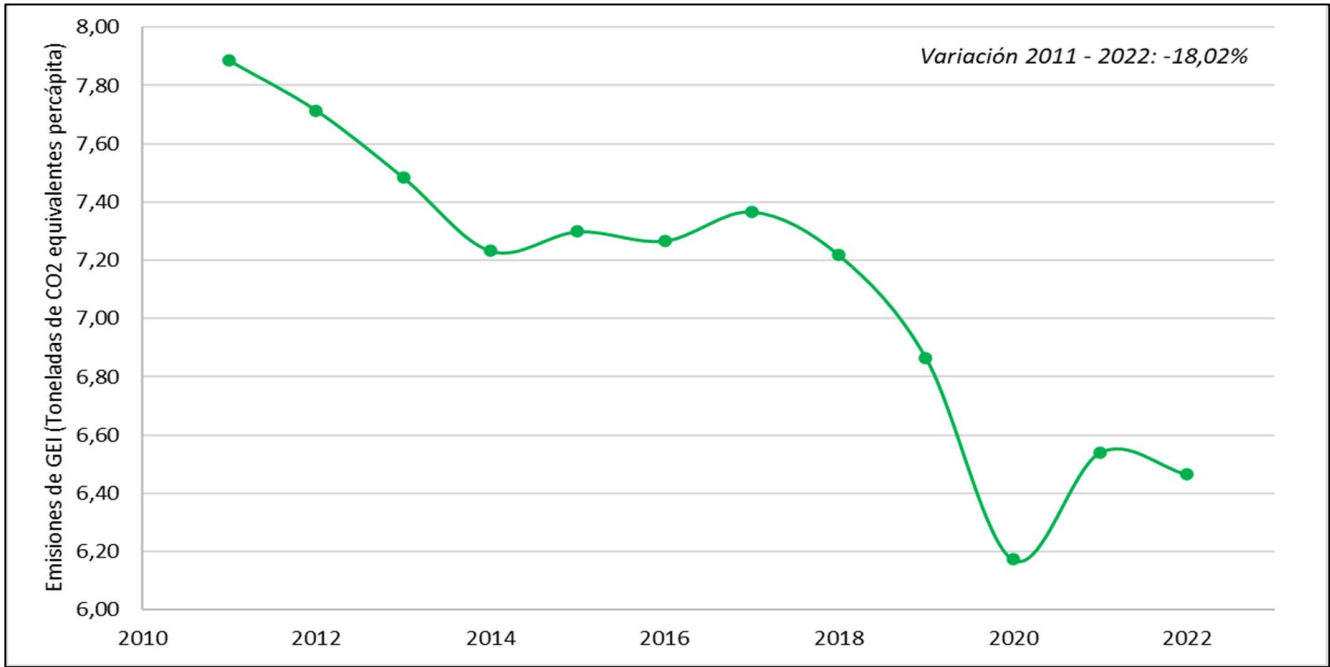
Una vez completada y estructurada la base de datos, el análisis econométrico se efectuó en EViews, mediante la estimación de modelos de datos de panel con efectos fijos. Este enfoque permite integrar la dimensión temporal y transversal de la información, capturando tanto la evolución de las variables en el tiempo como las diferencias estructurales entre países. La muestra estuvo conformada por datos anuales de los 27 Estados miembros de la Unión Europea durante el período 2011–2022, con el objetivo de evaluar la relación entre los impuestos ambientales, las emisiones de gases de efecto invernadero y la recaudación fiscal.

Para incorporar el grado de industrialización de cada país, se incluyó una variable dummy construida a partir del valor añadido bruto del sector industrial (excluyendo la construcción). Con base en la mediana anual de esta variable, se asignó el valor 1 a las economías situadas por encima de la mediana (más industrializadas) y 0 a las que se ubicaron por debajo (menos industrializadas). Esta distinción permitió contextualizar el impacto de los impuestos ambientales sobre las emisiones y la recaudación fiscal según la estructura productiva de cada país.

3. RESULTADOS

Durante el período 2011–2022, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en la Unión Europea disminuyeron aproximadamente un 18%. La reducción más pronunciada se observó entre 2019 y 2020, coincidiendo con la contracción económica derivada de la pandemia de COVID-19, como se muestra en la siguiente figura. A pesar de un leve aumento posterior en las emisiones, su tendencia se mantiene, lo que sugiere que la combinación de políticas ambientales e innovaciones tecnológicas ha influido en este resultado.

Figura 1: Emisiones de GEI provenientes de actividades de producción en la UE (2011 – 2022)



Fuente: Lyon & Solórzano (2025).

Para examinar las relaciones propuestas y capturar posibles diferencias entre países con distintos niveles de industrialización, se estimaron varios modelos de datos de panel utilizando el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla. Los modelos 1 y 2 evalúan el impacto de los impuestos ambientales sobre las emisiones de GEI, mientras que los modelos 3 y 4 analizan su efecto en la recaudación fiscal. Con

el propósito de controlar factores no observables, todos los modelos incluyen efectos fijos por período, y los modelos 3 y 4 incorporan también efectos fijos por país para controlar características institucionales y estructurales constantes en el tiempo. Asimismo, los modelos 2 y 4 introducen interacciones con la variable dummy de industrialización, permitiendo identificar cómo varían los efectos estimados según el nivel de desarrollo industrial de los países.

Tabla 3: Estimación de los modelos

	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4	
Variables Dependientes	LOG(GGE_PA)		LOG(GGE_PA)		TGGR		TGGR	
Coeficientes / T - Estadístico	Coef.	t	Coef.	t	Coef.	t	Coef.	t
Constante	-9,57	-3,64*	0,84	3,24*	335,17	6,68*	382,04	7,47*
TET_GDP	0,05	3,84*	0,06	2,81*	1,66	6,20*	0,83	2,37**
TET_GDP*INDUS			-0,02	-0,73			1,40	3,72*
LOG(RGDP_PC)	2,73	5,35*	0,72	32,13*	-10,23	-8,63*	-12,18	-9,00*

LOG(RGDP_PC)²	-0,98	-3,98*						
LOG(RGDP_PC)*INDUS			0,06	6,16*			1,20	2,01**
EFRS	-0,01	-7,64*	-0,005	-5,11*				
EFRS*INDUS			-0,007	-4,09*				
AEI	1,17	11,16*	2,06	13,29*				
AEI*INDUS			-0,83	-5,89*				
LOG(EPI_GOV)	-0,06	-4,61*	-0,02	-3,35*	0,26	1,42	-0,18	-0,74
LOG(EPI_GOV)*INDUS			-0,01	-1,20			0,84	3,12*
LOG(POP)	0,04	2,90*			-12,29	-4,23*	-13,64	-4,69*
LOG(POP)*INDUS							-1,39	-2,93*
EFRS*AEI	0,02	3,51*						
EFRS*AEI*INDUS	-0,005	-2,11**						
R² Ajustado	0,79		0,83		0,97		0,97	
Durbin y Watson	0,09		0,11		0,71		0,76	
Número de panel	27		27		27		27	
Número de observaciones por panel	324		324		324		324	
Error cuadrático	0,16		0,15		1,21		1,17	
F - Estadístico	61,59		73,65		233,73		229,14	

* Indica que los coeficientes estimados son evaluados al 1% (*), 5% o 6% (**) y 10% (***) de significación.

4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

La evidencia empírica obtenida revela que la relación entre los impuestos ambientales y la reducción de emisiones es compleja y depende del contexto estructural de cada economía. Los resultados muestran una relación positiva entre los impuestos ambientales y las emisiones, un hallazgo contrario al efecto negativo esperado; lo que puede explicarse por las dificultades inherentes a la aplicación de estos instrumentos. Según la teoría pigouviana, estos instrumentos enfrentan barreras importantes, entre ellas, la complejidad de estimar con exactitud los costos sociales de la contaminación y de establecer un nivel impositivo óptimo. A esto se suman desafíos relacionados con el cumplimiento normativo, como la fuga de carbono, así como limitaciones institucionales que pueden reducir la eficacia de estas políticas fiscales.

Sin embargo, al incorporar el nivel de industrialización como variable explicativa, se evidencia que los resultados difieren entre grupos de países. En las economías más industrializadas de la UE, los impuestos ambientales muestran un efecto negativo y estadísticamente significativo sobre las emisiones, mientras que en las menos industrializadas la relación es positiva. Esto sugiere que la efectividad de estos instrumentos no depende únicamente de su diseño, sino también de la capacidad de cada país para adaptarse a los cambios productivos y tecnológicos. De esta manera, las economías con mayor diversificación productiva y facilidad de acceso a tecnologías limpias pueden transformar los estímulos fiscales en reducciones de emisiones, mientras que economías con estructuras rígidas y alta dependencia de energías no renovables enfrentan limitaciones que incluso pueden agravar la contaminación.

Impacto ambiental y fiscal de los impuestos verdes en la UE (2011-2022)

Los resultados respaldan empíricamente la validez de la curva de Kuznets ambiental, señalando que, en etapas maduras de desarrollo, el crecimiento económico puede coexistir con menores niveles de emisiones. Ello sugiere que los países de la UE se encuentran en un proceso de desacoplamiento entre crecimiento y contaminación, el cual requiere un acompañamiento de políticas públicas que consoliden y aceleren la transición. El desarrollo de las energías renovables ha desempeñado un rol clave, especialmente en los países más industrializados, donde su expansión ha contribuido a reducir las emisiones. Esto confirma que la transición energética es viable cuando se apoya en una infraestructura adecuada, capacidad tecnológica y transformaciones estructurales profundas en los sistemas productivos y energéticos.

Por otro lado, se observa que una mayor intensidad energética se asocia con niveles más altos de emisiones, particularmente en los países con mayores niveles de industrialización. No obstante, la interacción con la variable de energías renovables evidencia que una elevada incorporación de fuentes limpias logra contrarrestar el impacto negativo de la intensidad energética. En consecuencia, la transición hacia energías renovables puede mitigar las ineficiencias productivas y reducir las externalidades negativas, lo que refuerza la necesidad de promover políticas orientadas al cambio de matriz energética, al uso eficiente de los recursos y a la modificación de los patrones de consumo.

En cuanto a la recaudación fiscal, los resultados confirman que los impuestos ambientales representan una fuente significativa de ingresos públicos, especialmente en las economías más industrializadas, donde las bases imponibles son más amplias dada su alta concentración de industrias intensivas en emisiones. Ello potencia la capacidad recaudatoria de estos instrumentos y su contribución a la sostenibilidad fiscal. De manera complementaria, las inversiones públicas en protección ambiental muestran resultados positivos, sugiriendo que pueden generar círculos virtuosos al estimular actividad económica formal y, por lo tanto, mayores ingresos fiscales. Aunque algunas relaciones, como el efecto de la población, no presentaron los signos esperados, su inclusión contribuyó a la robustez estadística del modelo.

En conjunto, la evidencia empírica confirma que la efectividad de los impuestos ambientales depende de múltiples factores estructurales propios de cada economía, planteando la necesidad de una revisión detallada de su diseño y aplicación.

5. OTROS HALLAZGOS

La prueba de causalidad de Dumitrescu y Hurlin (2012) permitió explorar la dirección de las relaciones entre las variables analizadas. Los resultados de esta prueba, presentados en la Figura 2, revelan una dinámica distinta a la planteada en los modelos 1 y 2. Aunque el

objetivo del estudio se enfoca en analizar el efecto de los impuestos ambientales sobre la reducción de las emisiones de GEI en la UE, los resultados de esta prueba indican una causalidad en sentido inverso. Es decir, son los niveles de emisiones los que parecen influir sobre la recaudación por concepto de impuestos ambientales.

Figura 2: Test de causalidad Dumitrescu Hurlin

Pairwise Dumitrescu Hurlin Panel Causality Tests			
Date: 05/30/25 Time: 19:10			
Sample: 2011 2022			
Lags: 2			
Null Hypothesis:	W-Stat.	Zbar-Stat.	Prob.
TET_GDP does not homogeneously cause TET...	7.95...	3.22224	0.0013
TET_TR does not homogeneously cause TET_...	10.2...	4.84775	1.E-06
GGE_PA does not homogeneously cause TET...	7.47...	2.88953	0.0039
TET_TR does not homogeneously cause GGE...	3.50...	0.12226	0.9027
GGE_PA does not homogeneously cause TET...	5.78...	1.70914	0.0874
TET_GDP does not homogeneously cause GG...	3.13...	-0.13567	0.8921

Los resultados del modelo inverso, que se muestran en la siguiente tabla, indican que las emisiones de GEI tienen efectos estadísticamente significativos al 99% de confianza sobre la recaudación fiscal proveniente de estos impuestos, donde una variación positiva del 1% en las emisiones se asocia con un aumento del 2,47% en estos impuestos.

Tabla 4: Estimación del modelo inverso

Variables Dependientes	Modelo Inverso	
	TET_TR	
Coefficientes / T - Estadístico	Coef.	t
Constante	-14,50	-3,17*
LOG(GGE_PA)	2,47	4,81*
R ² Ajustado	0,81	
Durbin y Watson	0,67	
Número de panel	27	
Número de observaciones por panel	324	
Error cuadrático	0,90	
F - Estadístico	52,94	

* Indica que los coeficientes estimados son evaluados al 1% (*), 5% o 6% (**) y 10% (***) de significación.

Este hallazgo sugiere la existencia de una relación bidireccional entre la fiscalidad ambiental y las emisiones. Los gobiernos podrían ajustar las tasas o bases imponibles de los impuestos ambientales en respuesta a la evolución de los niveles de contaminación, lo que introduce una dinámica fiscal reactiva que merece ser analizada con mayor profundidad.

6. CONCLUSIONES

De los modelos 1 y 2, se puede concluir que existe una relación significativa al 99% de confianza entre los impuestos ambientales y las emisiones de GEI en los países de la UE. En las economías más industrializadas, un incremento en los impuestos ambientales se asocia con una reducción del 0,02% en las emisiones, mientras que en las menos industrializadas se observa un aumento del 0,06%. Esto destaca que el impacto de la política fiscal ambiental sobre las emisiones no es uniforme, sino que varía según el contexto de desarrollo industrial del país.

Por otro lado, los modelos 3 y 4 validan la eficacia de los impuestos ambientales como instrumento de política tributaria, reflejando un incremento del 1,66% en la recaudación fiscal. El efecto recaudatorio es más fuerte en las economías más industrializadas, con una brecha del 0,57% con respecto a las menos industrializadas. Esto sugiere que una estructura productiva más amplia y eficiente permite una mayor recaudación de recursos derivados de estos impuestos.

Asimismo, el estudio valida la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental para los 27 países de la UE, identificando un punto de inflexión cercano a los 31.270 euros de PIB per cápita, a partir del cual las emisiones comienzan a disminuir. Este hallazgo evidencia un proceso de desacoplamiento entre el crecimiento económico y la contaminación, que se consolida a medida que las economías avanzan hacia estructuras productivas más limpias y eficientes. En este contexto, el desarrollo de energías renovables contribuye a la reducción de emisiones; sin embargo, la simple adopción de estas fuentes en la matriz energética no es suficiente por sí sola y debe estar acompañada de transformaciones estructurales más profundas en los sistemas productivos y energéticos.

En conjunto, los hallazgos de esta investigación subrayan la necesidad de diseñar políticas ambientales diferenciadas, capaces de integrar de manera estratégica la efectividad en la reducción de emisiones con su potencial recaudatorio, adaptándose a las características estructurales, institucionales y tecnológicas de cada economía.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Dumitrescu, E.-I., & Hurlin, C. (2012). Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Economic Modelling*, 29(4),

1450–1460.

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0264999312000491>.

Ekins, P. (1999). *European Environmental Taxes and Charges - Recent Experience, Issues and Trends*. *Ecological Economics* 31 (1999), Pp. 39-62. Article. Scribd.

<https://es.scribd.com/document/61498112/Ekins-1999-P-Ekins-European-environmental-taxes-and-charges-Recent-experience-issues-and-trends-Ecological-Economics-31-1999-pp-39-62-Artic>.

European Environment Agency. (2022). *The role of (environmental) taxation in supporting sustainability transitions*. <https://www.eea.europa.eu/publications/the-role-of-environmental-taxation>.

Eurostat. (2024). *Environmental tax statistics*. Europa.eu. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Environmental_tax_statistics.

International Energy Agency. (2021). *World Energy Outlook 2021*. IEA. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>.

IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. IPCC, Ginebra, Suiza. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf.

IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_full.pdf.

Jiménez, E. y Tovar, G. (2024). *Impuestos Verdes: propósitos, beneficios y limitaciones*. *Negonotas Docentes* (24), 10-19. DOI:10.52143/2346-1357.992. <https://revistas.cun.edu.co/index.php/negonotas/article/view/992>.

Musgrave, R., & Musgrave, P. (1989). *Public finance in theory and practice* (5th ed.). McGraw-Hill. https://desmarais-tremblay.com/Resources/Musgrave%20Richard%20A.%20and%20Musgrave%20Peggy%20B.%201989%20%281973%29%20Public%20Finance%20in%20Theory%20and%20Practice_5th%20ed.pdf.

Naciones Unidas. (2025). *Enero 2025: inesperadamente, el más caluroso jamás registrado*. Noticias ONU. <https://news.un.org/es/story/2025/02/1536286>.

- NASA. (2024). *Las causas del cambio climático*. NASA Science. <https://ciencia.nasa.gov/cambio-climatico/causas/>.
- OECD. (2017). *Investing in Climate, Investing in Growth*. OECD Publishing, Paris. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2017/05/investing-in-climate-investing-in-growth_g1g78789/9789264273528-en.pdf.
- Panayotou, T. (1993). *Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development*. ILO Working Paper WP238.
- Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC). (2019). *Calentamiento global de 1,5°C [Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C]*. IPCC. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15_Summary_Volume_spanish.pdf.
- Pigou, A. C. (1932). *The Economics of Welfare*. London: Macmillan. (Reimpreso por Transaction Publishers, 2002). <https://oll.libertyfund.org/titles/pigou-the-economics-of-welfare>.
- Porter, M., & van der Linde, C. (1995). *Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship*. *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 97–118. <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.9.4.97>.
- Quiroz, N. (2024). *Análisis comparativo de los impuestos verdes y de la sostenibilidad entre la Unión Europea y América Latina, un análisis a los avances de Colombia*. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/12001>.
- Stern, N. (2007). *The economics of climate change: The stern review*. Cambridge University Press. <https://www.cambridge.org/core/books/economics-of-climate-change/A1E0BBF2F0ED8E2E4142A9C878052204>.
- Tanzi, V., & Zee, H. H. (2000). *Tax Policy for Emerging Markets: Developing Countries*. *National Tax Journal*, 53(2), 299–322. <https://www.jstor.org/stable/41789458>.
- The Carbon Tax in France*. (s. f.). Planète Énergies. <https://www.planete-energies.com/en/media/article/carbon-tax-france>.