

# EL IMPACTO DEL CONSUMO DE ENERGÍA, EL DESARROLLO DEL SISTEMA FINANCIERO Y EL INGRESO SOBRE LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EN EL PERÚ

FREDY ALONSO ASENCIOS

<https://orcid.org/0000-0001-9137-0688>

Metso Outotec, Helsinki, Finlandia

Correo electrónico: [fredy.asencios@mogrouppartners.com](mailto:fredy.asencios@mogrouppartners.com)

Recibido: 13 de enero del 2022 / Aceptado: 9 de junio del 2022

doi: <https://doi.org/10.26439/ddee2022.n002.5720>

**RESUMEN.** Este estudio realizó un análisis del impacto del consumo de energía, el desarrollo del sistema financiero y el ingreso per cápita sobre las emisiones de CO<sub>2</sub> por medio de un modelo de regresión y de un Vector de Corrección de Errores para el caso peruano. Se halló que existe una relación positiva entre el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub> y que el desarrollo financiero no tiene impacto sobre la calidad ambiental. A su vez, no se encontró evidencia a favor de la Curva Ambiental de Kuznets en el caso peruano. De este modo, aunque el Perú ha logrado altas tasas de crecimiento, el consumo de fuentes de energía alternativas y amigables con el medioambiente debe tener mayor participación en la matriz energética.

**PALABRAS CLAVE:** degradación ambiental / consumo de energía / sistema financiero / Curva Ambiental de Kuznets

## THE IMPACT OF ENERGY CONSUMPTION, DEVELOPMENT OF FINANCIAL SYSTEM AND INCOME ON CO<sub>2</sub> EMISSIONS IN PERU

**ABSTRACT.** This study analyzes the impact of energy consumption, the development of the financial system, and per capita income on CO<sub>2</sub> emissions through a regression model and an error correction vector for Peru. It reveals a positive relationship between energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions and that financial development has no impact on environmental quality. In turn, it shows no evidence in favor of the Kuznets environmental curve in the Peruvian case. In this way, although Peru has achieved high growth rates, the consumption of alternative and environmentally friendly energy sources must have greater participation in the energy matrix.

**KEYWORDS:** environmental degradation / energy consumption / financial system / Environmental Kuznets Curve

Códigos JEL: O44, Q43.

---

Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution 4.0 International ([CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)).

## 1. INTRODUCCIÓN

El vínculo entre degradación ambiental y consumo de fuentes de energía ha ido adquiriendo mayor relevancia en las últimas décadas. Esto sucede porque, aunque las fuentes de energía son indispensables para la producción y el consumo, generan diversas externalidades. No obstante, de acuerdo con la teoría de la Curva Ambiental de Kuznets, se esperaría que, con el paso del tiempo, el crecimiento económico permita contrarrestarlas, pues los ingresos adicionales de los países derivarían en mayores inversiones destinadas a la conservación.

Desde la Revolución Industrial, la actividad productiva se ha establecido como fuente principal de los gases de efecto invernadero (GEI) como dióxido de carbono, metano y óxido nitroso. Asimismo, los combustibles fósiles han pasado a ser la principal fuente de energía, primero con el uso del carbón y, actualmente, con el gas natural y el petróleo. Por tanto, es claro que, en un principio, el proceso de crecimiento económico ha causado un aumento significativo de gases perjudiciales, los cuales, además de deteriorar el medioambiente, impactan negativamente en la salud del ser humano y, por ende, en su bienestar.

Las emisiones de dióxido de carbono representan cerca del 60 % del efecto invernadero (Ozturk y Acaravci, 2010). A nivel global se ha proyectado que, en caso no se actúe para reducirlos, los riesgos y consecuencias del cambio climático equivaldrían a perder un mínimo del 5 % del PBI mundial cada año. También se ha calculado que los costos de acción pueden limitarse a alrededor del 1 % del PBI mundial anual (Stern, 2006).

En ese contexto, el presente trabajo tiene un enfoque orientado a las causas de la emisión de CO<sub>2</sub>, en línea con los trabajos de Suri y Chapman (1998), Soytaş y Sari (2003), Zhang y Cheng (2009), entre otros. El objetivo es analizar el impacto que ha tenido el consumo de energía, el desarrollo del sistema financiero y el ingreso en el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> para el periodo 1971-2014 en el Perú, donde las emisiones aumentaron en 46,67 % durante esos años.

Lo que sigue del trabajo está organizado de la siguiente manera: en la sección 2 se presenta el marco teórico; en la sección 3 se aborda la metodología; y en la sección 4 se presentan los resultados. Por último, en la sección 5 se exponen las conclusiones y recomendaciones.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Consumo de fuentes de energía

La evolución del consumo de fuentes de energía se ha estudiado a nivel de familias y empresas.

Por el lado de las familias, se encuentra la hipótesis de la “escalera energética”, según la cual existe un efecto de transición en la preferencia del uso de fuentes de energía conforme cambia el nivel de ingresos (Van der Kroon et al., 2013). Es decir, si el ingreso aumenta, la calidad de la fuente de energía mejora debido a que las familias prefieren que estas sean más eficientes y limpias. Así, los hogares en países con menor desarrollo utilizan leña y residuos agrícolas o de biomasa. Estas fuentes de energía disminuyen la productividad de las familias, dado que requieren mucho tiempo para ser recolectadas, preparadas y utilizadas, además de que son perjudiciales para la salud. En comparación, los hogares que se encuentran en la cima de la escalera consumen energías limpias como GLP, electricidad, entre otras. Existen enfoques alternativos a la hipótesis de “escalera energética” en los que se postula que las familias que dependen de residuos agrícolas y animales mayormente no gozan de acceso a la infraestructura de electricidad o al mercado de biocombustibles. Otros toman en cuenta las costumbres o preferencias personales. A su vez, Ortiz-Paniagua y Gómez (2021) argumentan que, a pesar de que la Curva Ambiental de Kuznets podría existir individualmente para cada hogar, las estimaciones señalan que se seguirá incrementando la emisión global, pues el punto de inflexión en que los ingresos serían utilizados para la conservación es incierto. Asimismo, las innovaciones podrían generar nuevas fuentes de contaminación, evitando la transición hacia la parte derecha de la curva, en la cual estas supuestamente se reducen.

En cuanto a las empresas, se ha postulado que los cambios en el consumo de fuentes de energía que se utilizan como insumos para la producción están ligados a un efecto de sustitución (Nicholson, 2009). De acuerdo a este, a medida que las empresas aumentan su producción, cambian sus fuentes de energía para mejorar la calidad y alcanzar precios más eficientes. Así, Fan et al. (2017) hallan que la eficiencia energética está positivamente relacionada con la rentabilidad de las empresas.

En esa línea, tenemos también la teoría de la sustentabilidad débil, la cual implica modificar los procesos productivos actuales (por ejemplo, mediante la utilización de fuentes de energía limpia) para reducir el daño ambiental, puesto que la conservación sería necesaria para el crecimiento. Así, “esta corriente apuesta a la reforma técnica (mejores y más eficientes usos de la energía, mitigación de la contaminación, etc.), y otorga un fuerte peso a los instrumentos económicos” (Gudynas, 2010, p. 47). De este modo, las políticas económicas y las instituciones enfocadas en el cambio energético pueden reducir la degradación ambiental en los niveles de ingreso bajos y acelerar las mejoras en los niveles altos, con lo que reduciría los costes ecológicos del crecimiento económico.

## 2.2 Desarrollo del sistema financiero

Según Frankel y Romer (1999), el desarrollo financiero puede atraer mayores logros en investigación y desarrollo (I+D), lo que a su vez aumenta los niveles de crecimiento económico y, por consiguiente, el consumo de energía; y esto lleva a una mayor degradación ambiental.

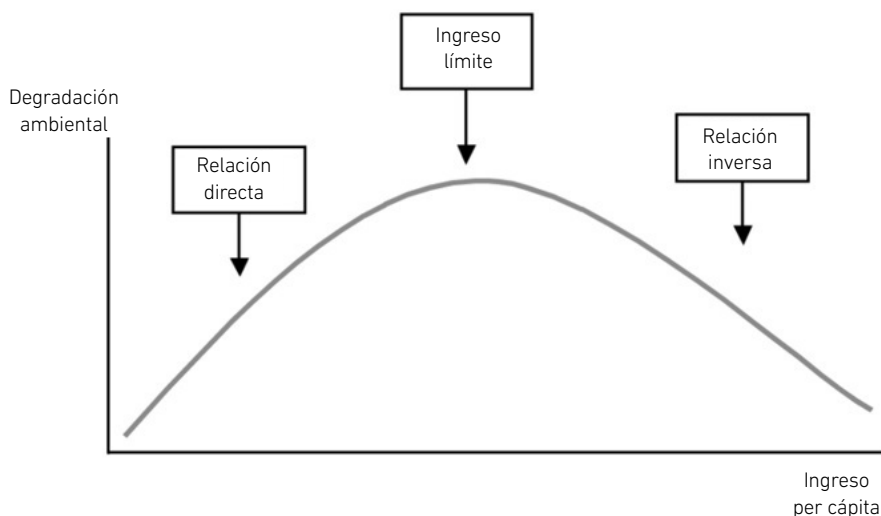
Asimismo, Kizilkaya (2017) encuentra que el desarrollo del sistema financiero incentiva la inversión extranjera directa (IED), lo que también conduce a un aumento en el dinamismo económico y, consecuentemente, a un impacto en el medioambiente. Al respecto, la hipótesis de *pollution haven* plantea que, además de incentivar el crecimiento económico, la IED causa mayores niveles de contaminación en los países con menores regulaciones ambientales (Levinson y Taylor, 2008). Por otra parte, Sadorsky (2010) menciona que el desarrollo financiero conduce a una reducción del riesgo financiero y costos de fondeo, mayor transparencia entre prestamistas y prestatarios, y mayor acceso al capital y flujos de inversión. Dado que estos factores son positivos para la inversión y, por tanto, para el crecimiento económico, pueden conducir también a la degradación del medioambiente. No obstante, como ya se mencionó, el hecho de que un país avance en la trayectoria del crecimiento económico no necesariamente implicará mayor degradación ambiental en el largo plazo, como se explica en la Curva Ambiental de Kuznets.

## 2.3 Ingresos

La hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets plantea la existencia de una relación de forma de “u” invertida entre el ingreso y la contaminación ambiental (ver Figura 1). Así, en los primeros niveles de ingreso, esta aumenta a medida que crece también el ingreso per cápita; sin embargo, existe un punto de inflexión a partir del cual mayores niveles de ingreso se asocian a una reducción de la degradación ambiental. Esto se explicaría por una mejora de la estructura y eficiencia productiva, asociada también a un mayor énfasis en políticas destinadas a la conservación, entre otros factores.

**Figura 1**

*Curva Ambiental de Kuznets*



Según Grossman y Kruger (1995), mayores niveles de desarrollo implican un cambio sustancial en la estructura económica, con mayor participación de industrias y servicios con procesos tecnológicos más eficientes en energía, además de una infraestructura más amigable con el medioambiente.

Asimismo, de acuerdo con Páez (2021), algunos elementos que explican la Curva Ambiental de Kuznets son:

- i. Composición de la producción: a medida que la economía se desarrolla, la proporción de sectores con menos intensidad de emisiones, como el de servicios, toma mayor participación en el PBI.
- ii. Progreso tecnológico: a medida que la producción se vuelve más eficiente, el costo de inversión en energías renovables se hace menor.
- iii. Capacidad de consumo: dado que las personas tienen más ingresos, están más dispuestas a pagar más por bienes ecoamigables.
- iv. Regulaciones: los gobiernos tienden a regular los excesos de contaminación derivados del crecimiento, una vez que se tienen los recursos para llevar a cabo las políticas.

En línea con ello, Shahbaz et al. (2014), Apergis y Ozturk (2015) y Ma et al. (2021) hallan evidencia empírica a favor de la Curva Ambiental de Kuznets.

Por otra parte, algunos autores plantean una Curva Ambiental de Kuznets con forma de "n", según la cual, a pesar de que existe un periodo de reducción de la contaminación posindustrialización, si la economía continúa expandiéndose, no existe garantía de que a largo plazo la contaminación decrezca (Pettinger, 2019). Por ejemplo, Páez (2021) argumenta que, aunque las economías avanzadas pueden reducir sus niveles de contaminación, dadas las ventajas que conlleva su situación para contrarrestarla, estas podrían continuar importando bienes de economías emergentes, por lo que estarían comprando degradación ambiental. De ese modo, hay también varios estudios empíricos que han hallado evidencia en contra de la Curva Ambiental de Kuznets como, por ejemplo, los de Bertinelli y Strobl (2005), Akbostancı et al. (2009) y Pontarollo y Muñoz (2020). En ese sentido, queda claro que la evidencia es mixta, motivo por el cual no hay un consenso respecto a la disminución de la contaminación en el largo plazo asociada a un aumento de los ingresos.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 Modelos econométricos

En primer lugar, se considera un modelo de regresión siguiendo a Jalil y Feridun (2011) y se utilizan las series cíclicas obtenidas a partir del uso del filtro Hodrick-Prescott. La ecuación de regresión se puede expresar de la siguiente manera:

$$CO2_t = \alpha_0 + \alpha_1 EC_t + \alpha_2 Y_t + \alpha_3 Y_t^2 + \alpha_4 FD_t + \varepsilon_t,$$

donde  $CO2_t$  es el nivel de emisiones de  $CO_2$  per cápita;  $EC_t$ , el consumo de energía per cápita;  $Y_t$  el ingreso real per cápita;  $Y_t^2$ , el ingreso per cápita real al cuadrado;  $FD_t$  el desarrollo financiero y; finalmente,  $\varepsilon_t$  es el término de error. Todas las variables se encuentran en logaritmos.

Con respecto a los signos de los coeficientes, si los del consumo de energía y del ingreso real per cápita son positivos, mientras que el del ingreso real per cápita al cuadrado es negativo, se estaría apoyando la hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets. Cabe resaltar que, si la variable ingreso real per cápita al cuadrado no sale estadísticamente significativa, habría una relación monotónica; es decir, aún no se habría llegado al punto de inflexión. Esto tendría sentido, dado que el Perú es un país en vías de desarrollo en donde la infraestructura y la tecnología no se encuentran en su etapa eficiente. Por último, el coeficiente del desarrollo financiero puede ser negativo o positivo dependiendo de qué tanto este ha tenido en cuenta el medioambiente.

En segundo lugar, se busca encontrar una relación de cointegración entre los niveles de emisión de  $CO_2$  y el consumo de energía. En ese sentido, se utilizan las pruebas

de Dickey-Fuller, Phillips-Perron y Dickey-Fuller GLS, las que tienen como hipótesis nula que la serie presenta raíz unitaria. De este modo, se procede a plantear un modelo de Vector de Corrección de Errores (VEC), cuya expresión generalizada es:

$$\Delta Y_t = \alpha(\beta'Y_{t-1} + \mu + \rho_t) + \sum_{i=1}^{p-1} R_i \Delta Y_{t-i} + \gamma + \tau_t + u_t,$$

donde la primera mitad de la parte derecha de la ecuación representa el componente de largo plazo, en que se espera encontrar un  $\alpha$  de signo contrario al del  $\beta$  para corregir el error. La segunda mitad representa el componente de corto plazo.

Cabe resaltar que este método se basa en la idea de que existe una relación bidireccional entre las variables. En concreto, según la teoría de la “escalera energética” vista anteriormente, el consumo de fuentes de energía contaminantes suele ser poco eficiente, lo que disminuye la productividad y, por tanto, los ingresos. Asimismo, esta falta de recursos complica la inversión en energías limpias, a la vez que estanca el desarrollo del sistema financiero, reduciendo los incentivos para que los bancos apoyen proyectos verdes por cuenta propia. Esto, a su vez, dificulta todavía más el cambio de las empresas hacia otras fuentes de energía. Aunque estas consecuencias parecen ser de largo plazo, dado que se refieren a cambios estructurales en una sociedad, es importante reconocer también los síntomas presentados en el corto plazo, entre los que están los menores volúmenes relativos y las inversiones con poco énfasis ambiental.

### 3.2 Datos

Consideramos datos a nivel Perú y en frecuencia anual para el periodo 1971-2014. Estos fueron recogidos exclusivamente de la base de datos del Banco Mundial.

Para calcular la contaminación ambiental, usamos el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub>, el cual se mide en toneladas métricas per cápita. Asimismo, consideramos el consumo de energía expresado en kilogramos de petróleo por persona y el ingreso real en términos del PBI real per cápita con año base en el 2010. Por último, medimos el desarrollo financiero como el crédito doméstico al sector privado como porcentaje del PBI.

Todas las variables son consideradas de orden de integración uno, puesto que en niveles presentan raíz unitaria. No obstante, aplicamos el filtro de Hodrick-Prescott a todas las variables en niveles para obtener sus componentes cíclicos, los cuales usaremos en el modelo de regresión.

## 4. RESULTADOS

La Tabla 1 muestra los resultados del modelo de regresión. Se encuentra que el signo del coeficiente del consumo de energía es positivo y estadísticamente significativo, por

lo que existe una relación directa entre el consumo de fuentes de energía y la emisión de CO<sub>2</sub>. Asimismo, los coeficientes del ingreso per cápita e ingreso per cápita al cuadrado son positivo y negativo, respectivamente; sin embargo, no son significativos. De este modo, a pesar de que los signos corresponden a lo esperado, no se puede decir que existe una estadística concluyente a favor de la Curva Ambiental de Kuznets. El signo del coeficiente del crédito al privado es negativo y estadísticamente significativo al 10 %, lo que sugiere que el desarrollo del sistema financiero no ha aumentado la degradación del medioambiente, sino al contrario.

**Tabla 1**  
*Resultados del modelo de regresión*

| Emisiones de CO <sub>2</sub> | Coefficiente | Error estándar | T     | P-value | [95 % Intervalo de confianza] |         |
|------------------------------|--------------|----------------|-------|---------|-------------------------------|---------|
| Consumo de energía           | 0,7578       | 0,2762         | 2,74  | 0,009   | 0,1990                        | 1,3165  |
| PBI per cápita               | 3,7482       | 5,5259         | 0,68  | 0,502   | -7,4290                       | 14,9256 |
| PBI per cápita al cuadrado   | -0,2029      | 0,3449         | -0,59 | 0,560   | -0,9006                       | 0,4948  |
| Crédito al privado           | -0,0889      | 0,0505         | -1,76 | 0,086   | -0,1911                       | 0,1320  |
| Constante                    | -2,16e-09    | 0,0092         | -0,00 | 1,00    | -0,0188                       | 0,1880  |

Asimismo, se encontró una relación de cointegración entre los niveles de emisión de CO<sub>2</sub> y consumo de energía, teniendo todas las variables orden de integración 1 (ver Tabla 2).

**Tabla 2**  
*Resultados de pruebas de raíz unitaria*

| Variables                    | DF                   | PP                   | DFGLS               | DF Aumentado     |
|------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|------------------|
| log_emis_CO <sub>2</sub>     | No se rechaza Ho     | No se rechaza Ho     | No se rechaza Ho    | No se rechaza Ho |
| log_energ_consump            | No se rechaza Ho     | No se rechaza Ho     | No se rechaza Ho    | No se rechaza Ho |
| log_PBI_per_capita           | No se rechaza Ho     | No se rechaza Ho     | No se rechaza Ho    | No se rechaza Ho |
| log_cred_private             | No se rechaza Ho     | No se rechaza Ho     | No se rechaza Ho    | No se rechaza Ho |
| log_emis_CO <sub>2</sub> _HP | Sí se rechaza (1 %)  | Sí se rechaza (1 %)  | Sí se rechaza (1 %) | No se hizo       |
| log_energ_consump_HP         | Sí se rechaza (10 %) | Sí se rechaza (10 %) | No se rechaza Ho    | No se hizo       |

(continúa)



(continuación)

| Variables             | DF                   | PP                  | DFGLS               | DF Aumentado |
|-----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|--------------|
| log_PBI_per_capita_HP | Sí se rechaza (5 %)  | Sí se rechaza (1 %) | Sí se rechaza (1 %) | No se hizo   |
| log_cred_private_HP   | Sí se rechaza (10 %) | Sí se rechaza (1 %) | Sí se rechaza (1 %) | No se hizo   |
| D.log_emis_CO2        | Sí se rechaza (1%)   | Sí se rechaza (1%)  | Sí se rechaza (1%)  | No se hizo   |
| D.log_energ_consump   | Sí se rechaza (1 %)  | Sí se rechaza (1 %) | Sí se rechaza (1 %) | No se hizo   |
| D.log_PBI_per_capita  | Sí se rechaza (1 %)  | Sí se rechaza (1 %) | Sí se rechaza (1 %) | No se hizo   |
| D.log_cred_private    | Sí se rechaza (1 %)  | Sí se rechaza (1 %) | Sí se rechaza (1 %) | No se hizo   |

Por otro lado, se utiliza un VEC con constante restringida, puesto que las variables en niveles no tienen tendencia (son líneas horizontales casi rectas, por lo que se podría inferir que son constantes) y la relación de cointegración tiene una media constante. Cabe resaltar que, para la estimación, se utilizan dos rezagos, ya que con uno solo se obtenía un coeficiente de determinación menor al 10 %. Así, en los resultados globales, se obtiene un R-cuadrado de 30 %, y todas las variables, con excepción del nivel de emisiones de CO<sub>2</sub>, son significativas al 10 % (ver Tabla 3).

**Tabla 3**

*Resultados globales del VEC*

| Ecuación          | Parámetros | RMSE   | R-sq   | chi2    | P>chi2 |
|-------------------|------------|--------|--------|---------|--------|
| D_log_Emis_co2    | 6          | 0,0875 | 0,2279 | 10,3330 | 0,1113 |
| D_log_Energy      | 6          | 0,0464 | 0,3608 | 19,7526 | 0,0031 |
| D_log_PIB_per_cap | 6          | 0,0525 | 0,2400 | 11,0500 | 0,0868 |
| D_log_PIB_per_cap | 6          | 0,8577 | 0,2416 | 11,1490 | 0,0839 |
| D_log_Credit      | 6          | 0,1217 | 0,2985 | 14,8918 | 0,0211 |

Con los demás resultados obtenidos se puede inferir que se corrige el error en el consumo de energía y el ingreso per cápita al cuadrado, puesto que los signos de los coeficientes correspondientes a alfa y beta son opuestos. Por lo tanto, hay equilibrio de corto y largo plazo en estas dos variables. Por último, se encontró que el sistema es estable (ver Figura 2), los errores son normales en conjunto (ver Tabla 4) y no están correlacionados (ver Tabla 5).

Figura 2

Estabilidad del modelo VEC

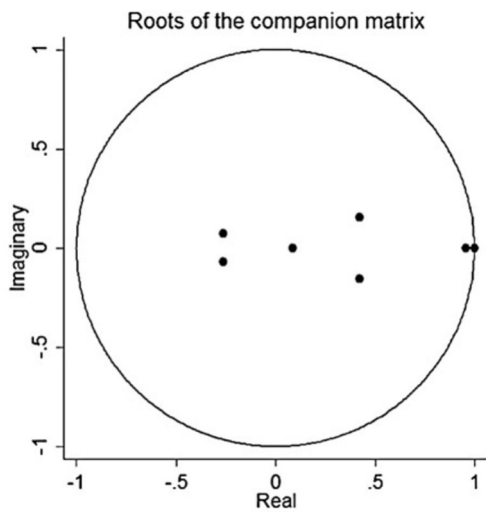


Tabla 4

Resultados de las pruebas de normalidad de los errores

| Prueba de Jarque-Bera   |           |       |             |             |
|-------------------------|-----------|-------|-------------|-------------|
| Ecuación                | chi2      | df    | Prob > chi2 |             |
| D_log_Emis_co2          | 2,934     | 2     | 0,2306      |             |
| D_log_Energy_consump    | 4,280     | 2     | 0,1176      |             |
| D_log_PIB_per_capita    | 1,140     | 2     | 0,5656      |             |
| D_log_PIB_per_capita_2  | 1,667     | 2     | 0,4345      |             |
| D_log_Credit_to_private | 0,142     | 2     | 0,9313      |             |
| ALL                     | 10,163    | 10    | 0,4263      |             |
| Prueba de asimetría     |           |       |             |             |
| Ecuación                | Asimetría | chi2  | df          | Prob > chi2 |
| D_log_Emis_co2          | 0,1109    | 0,086 | 1           | 0,7691      |
| D_log_Energy_consump    | -0,6423   | 2,889 | 1           | 0,0892      |
| D_log_PIB_per_capita    | 0,1227    | 0,113 | 1           | 0,7363      |
| D_log_PIB_per_capita_2  | 0,0352    | 0,009 | 1           | 0,9256      |
| D_log_Credit_to_private | 0,0763    | 0,041 | 1           | 0,8398      |
| ALL                     |           | 3,138 | 5           | 0,6787      |

(continúa)

(continuación)

| Prueba de curtosis      |          |       |    |             |
|-------------------------|----------|-------|----|-------------|
| Ecuación                | Curtosis | chi2  | df | Prob > chi2 |
| D_log_Emis_co2          | 1,7244   | 2,848 | 1  | 0,0915      |
| D_log_Energy_consump    | 2,1082   | 1,392 | 1  | 0,2381      |
| D_log_PIB_per_capita    | 2,2342   | 1,026 | 1  | 0,3110      |
| D_log_PIB_per_capita_2  | 2,0266   | 1,658 | 1  | 0,1978      |
| D_log_Credit_to_private | 2,7594   | 0,101 | 1  | 0,7502      |
| ALL                     |          | 7,025 | 5  | 0,2187      |

**Tabla 5**

*Resultados de la prueba de correlación de los errores*

| Lag | chi2    | df | Prob > chi2 |
|-----|---------|----|-------------|
| 1   | 17,6056 | 25 | 0,8586      |
| 2   | 17,4540 | 25 | 0,8646      |

**5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Este trabajo analiza el impacto que han tenido el consumo de energía, el desarrollo del sistema financiero y el ingreso per cápita sobre el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> en el Perú, a través de un modelo VEC, dada la existencia de una cointegración en el sistema. Específicamente, se encontró que existe una relación positiva entre el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub>, mientras se observa que el desarrollo del sistema financiero no ha conducido al deterioro del medioambiente. A su vez, no se halla que se cumpla la Curva Ambiental de Kuznets en el caso del Perú. Asimismo, parece existir una relación de equilibrio en el corto y largo plazo entre el consumo de energía y el ingreso per cápita al cuadrado.

Dados estos resultados, se plantean recomendaciones en concordancia con el Plan Bicentenario Actualizado, enfocadas en los ejes estratégicos 2 (oportunidades y acceso a los servicios) y 6 (recursos naturales y ambiente). Primero, se recomienda al Estado promover más políticas públicas para aumentar el uso de energías renovables (y así diversificar la matriz energética), que sean más amigables con el planeta, lo cual guarda relación también con el objetivo 7 del Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (energía asequible y no contaminante). Esta transición no se podría lograr a gran escala sin el financiamiento del gobierno, el cual debe ayudar a que los hogares cambien sus hábitos de consumo energético mediante la implementación de programas que apoyen la masificación de energías más limpias, una mejor infraestructura eléctrica, un acceso al mercado de biocombustibles, educación y asistencia financiera (Arnold et al., 2006).

Como sustento de esta recomendación, está el planteamiento de Salcedo (2014). Es importante analizar el potencial total por recurso renovable y compararlo con su capacidad instalada. Así, por ejemplo, el recurso eólico tiene un potencial total de 22 000 megavatios, mientras su capacidad instalada es tan solo de 142 megavatios.

Además, se recomienda desarrollar un marco legal-tributario para que se pueda profundizar en el mercado de carbono, de modo que se incentive a las empresas a ser más amigables con el medioambiente y, a su vez, generar ganancias gracias al desarrollo de este mercado. Para que estas empresas decidan cambiar sus hábitos de consumo energético, se podrían otorgar incentivos fiscales tales como descuentos a la inversión elegible directamente sobre el pago del impuesto a la renta, exoneraciones del impuesto al patrimonio y devolución parcial del impuesto al valor agregado (IVA). Este plan actualmente se está desarrollando en otros países y se propone para la minería peruana; sin embargo, podría ampliarse para otros sectores contaminantes (Matos-Ortega y Izaguirre-López, 2020). Estos argumentos van en línea con la teoría de la sustentabilidad débil. Por otro lado, también es necesario mejorar en el aspecto de la información estadística para tener más datos concernientes a las emisiones de CO<sub>2</sub> y a la deforestación a nivel regional desde inicios de los años setenta u ochenta, entre otras variables.

Respecto al sistema financiero, aunque actualmente no exista evidencia de que este contribuya al deterioro del medioambiente, sino todo lo contrario, podría regularse para incentivar proyectos que favorezcan el uso de energía limpia, de modo que sus efectos benéficos sean mayores y, por tanto, más significativos. En ese sentido, se recomienda a los sectores privado y público que los créditos o financiamiento en general sean más amigables con el entorno. Por ejemplo, se deben apoyar proyectos proverde incentivándolos a través de algún mecanismo como tasas de interés más bajas. Esto podría hacerse mediante Agrobanco, ya que en bancos privados esto no se podría cumplir.

Por último, se recomienda que los bancos estén en línea con los objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU al momento de especificar en sus reportes los tipos de proyectos que financian, de modo que se tengan datos sobre su contribución ambiental. En ese contexto, debe considerarse el financiamiento de construcción de edificaciones con certificación LEED, lo cual es una inversión amigable con el medioambiente; y también está Petramás, en donde se transforman desperdicios en energía. Ello puede atraer una mayor clientela, en especial los que tienen en cuenta el medioambiente, que constituyen un grupo cada vez más grande.

---

#### Créditos de autoría

Fredy Alonso Asencios: conceptualización, metodología, software, análisis de datos, investigación, redacción y preparación del primer borrador, redacción, revisión y edición.

---

## REFERENCIAS

- Akbostancı, E., Türüt-Aşık, S., & Tunç, G. İ. (2009). The relationship between income and environment in Turkey: is there an environmental Kuznets Curve? *Energy Policy*, 37(3), 861-867. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.09.088>
- Apergis, N., & Ozturk, I. (2015). Testing environmental Kuznets Curve hypothesis in Asian countries. *Ecological Indicators*, 52, 16-22. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.11.026>
- Arnold, J. E. M., Kohlin, G., & Persson, R. (2006). Woodfuels, livelihoods and policy interventions: changing perspectives. *World Development*, 34(3), 596-611. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2005.08.008>
- Bertinelli, L., & Strobl, E. (2005). The environmental Kuznets Curve semi-parametrically revisited. *Economics Letters*, 88(3), 350-357. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2005.03.004>
- Fan, L. W., Pan, S. J., Liu, G. Q., & Zhou, P. (2017). Does energy efficiency affect financial performance? Evidence from Chinese energy-intensive firms. *Journal of Cleaner Production*, 151, 53-59. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.044>
- Frankel, J., & Romer, D. (1999). Does trade cause growth? *American Economic Review*, 89(3), 379-399. <https://doi.org/10.1257/aer.89.3.379>
- Grossman, G., & Krueger, A. (1995). Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353-377. <https://doi.org/10.2307/2118443>
- Gudynas, E. (2010). Desarrollo sostenible: una guía básica de conceptos y tendencias hacia otra economía. *Otra Economía*, 4(6), 43-66. <https://www.revistaotraeconomia.org/index.php/otraeconomia/article/view/1182>
- Jalil, A., & Feridun, M. (2011). The impact of financial development on the environment in China: a cointegration analysis. *Energy Economics*, 33(2), 284-291. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.10.003>
- Kizilkaya, O. (2017). The impact of economic growth and foreign direct investment on CO<sub>2</sub> emissions: the case of Turkey. *Turkish Economic Review*, 4(1), 106-118. <http://kspjournals.org/index.php/TER/article/view/1173>
- Levinson, A., & Scott Taylor, M. (2008). Unmasking the pollution haven effect. *International Economic Review*, 49(1), 223-254. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2354.2008.00478.x>
- Ma, X., Ahmad, N., & Oei, P. Y. (2021). Environmental Kuznets Curve in France and Germany: role of renewable and nonrenewable energy. *Renewable Energy*, 172, 88-99. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.03.014>

- Matos-Ortega, M., & Izaguirre-López, G. (10 de noviembre del 2020). *Incentivos fiscales verdes para fomentar el uso de energías renovables en la minería peruana*. Derecho Ambiental. <https://prometheo.pe/incentivos-fiscales-verdes-para-fomentar-el-uso-de-energias-renovables-en-la-mineria-peruana/>
- Naciones Unidas (s. f.). *Objetivos de desarrollo sostenible*. <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Nicholson, W. (2009). *Intermediate microeconomics and its applications* (11.<sup>a</sup> ed.). South-Western Collage Publishing.
- Ortiz-Paniagua, C. F., & Gómez, M. (2021). Crecimiento económico y calidad ambiental en América Latina, perspectiva desde Kuznets, 1970-2016. *Nueva Época*, 29(55), 17-36. <https://doi.org/10.24275/etypuam/ne/552021/ortiz>
- Ozturk, I., & Acaravci, A. (2010). CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption and economic growth in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9), 3220-3225. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.07.005>
- Páez, G. (10 de mayo del 2021). *Curva Ambiental de Kuznets*. <https://economipedia.com/definiciones/curva-ambiental-de-kuznets.html>
- Pettinger, T. (11 de septiembre del 2019). *Environmental Kuznets curve*. <https://www.economicshelp.org/blog/14337/environment/environmental-kuznets-curve/>
- Pontarollo, N., & Muñoz, R. M. (2020). Land consumption and income in Ecuador: a case of an inverted environmental Kuznets Curve. *Ecological Indicators*, 108, 105699. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105699>
- Sadorsky, P. (2010). The impact of financial development on energy consumption in emerging economies. *Energy Policy*, 38(5), 2528-2535. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.12.048>
- Salcedo, N. (2014). *Generación de energía limpia*. Conferencia en el marco de la III Charla Verde realizada en la Universidad de Lima (Perú).
- Shahbaz, M., Khraief, N., Uddin, G. S., & Ozturk, I. (2014). Environmental Kuznets Curve in an open economy: a bounds testing and causality analysis for Tunisia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 325-336. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.03.022>
- Soytas, U., & Sari, R. (2003). Energy consumption and GDP: Causality relationship in G 7 countries and emerging markets. *Energy Economics*, 25(1), 33-37. [https://doi.org/10.1016/S0140-9883\(02\)00009-9](https://doi.org/10.1016/S0140-9883(02)00009-9)
- Stern, N. (2006). *The economics of climate change: the Stern review*. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511817434>

- Suri, V., & Chapman, D. (1998). Economic growth, trade and energy: implications for the Environmental Kuznets Curve. *Ecological Economics*, 25(2), 195-208. [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009\(97\)00180-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009(97)00180-8)
- Van der Kroon, B., Brouwer, R., & Van Beukering, P. J. H. (2013). The energy ladder: theoretical myth or empirical truth? Results from a meta-analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 20, 504-513. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.045>
- Zhang, X., & Cheng, X. (2009) Energy consumption, carbon emissions, and economic growth in China. *Ecological Economics*, 68(10), 2706–2712. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.05.011>