

Emisiones de Co2, Exportaciones de alta tecnología y PIB Per cápita

Co2 emissions, High-tech exports and GDP per capita

García Daysi; Mora-Mendieta Karla; Arteaga-Silva Paco; Ochoa-Moreno Santiago

Departamento de Economía
Universidad Técnica Particular de Loja
Loja, Ecuador
dkgarcia@utpl.edu.ec

Resumen — La presente investigación muestra evidencia de la relación entre las exportaciones de productos de alta tecnología como porcentaje del total de las exportaciones, así como el Producto Interno Bruto Per Cápita, en las emisiones de Co2. Para mostrar esta relación se utilizó información de Colombia, Ecuador y Perú. Los resultados muestran que las exportaciones de alta tecnología cumplen la U invertida de la curva medioambiental de Kuznets, es decir con el tiempo con este tipo de exportaciones, el impacto en las emisiones disminuyó, mientras que el PIB per cápita, tiene una relación creciente, es decir las emisiones siguen incrementando. Como recomendación destacamos la importancia de la elaboración de productos de alta tecnología, pues una economía productiva tiende a desarrollarse por los efectos de los rendimientos crecientes que son resultado de una economía a escala.

Palabras Clave – CO2; PIB; Exportaciones; Exportaciones de alta tecnología

Abstract - This research shows evidence of the relationship between exports of high technology products as a percentage of total exports, as well as Gross Domestic Product Per Capita, in Co2 emissions. To show this relationship, information from Colombia, Ecuador and Peru was used. The results show that high-tech exports meet the inverted U of the environmental Kuznets curve, that is, over time with this type of export, the impact on emissions decreased, while GDP per capita has an increasing relationship. In other words, emissions continue to increase. As a recommendation, we highlight the importance of the production of high-technology products, since a productive economy tends to develop due to the effects of increasing returns that are the result of an economy of scale.

Keywords – CO2; PIB; Exports; High technology exports

I. INTRODUCCIÓN

El interés de los países desarrollados y de los que se encuentran en vías de desarrollo es lograr un crecimiento económico sostenible para conservar el medio ambiente, es así, que por ejemplo en todos los países tanto de América Latina como del Caribe están trabajando en medidas para alcanzar emisiones netas de dióxido de carbono cero para el 2050 y reducciones sustanciales de emisiones de CO2 para 2030. Algunos países conociendo el impacto negativo de los gases de efecto invernadero en la atmósfera se encuentran trabajando en políticas de regulación restrictivas para disminuir las emisiones y fomentar la innovación tecnológica, razón por la cual, se ha prestado mayor interés a los productos de alta tecnología que son productos con un alto componente de investigación y desarrollo, como son los productos de la industria aeroespacial, informática, farmacéutica, de instrumentos científicos y de maquinaria eléctrica [1].

En los últimos años, la estructura económica y productiva del mundo ha experimentado algunos adelantos importantes, no siempre por su crecimiento, pero sí por su estructura y esto se ha dado especialmente debido a la introducción de las tecnologías [15]. Las TIC, el gasto en I+D entre otras han transformado la producción y ofrecen una gama de oportunidades para incrementarla lo cual es importante, ya que, la productividad puede hacer que, con menos recursos, se incrementen los ingresos, la producción y se contamine menos [5]. Las exportaciones de alta tecnología (HTX) se consideran un factor importante para el crecimiento económico sostenible de un país, sin embargo, el impacto positivo de las TIC en el crecimiento económico puede disminuir debido a las emisiones de fósiles de carbono de gran masa, por lo que, se necesitan políticas de desarrollo sostenible para conservar el medio ambiente [3]. De acuerdo con estudios relevantes, se espera que tres factores influyan en las emisiones de CO2: el producto interno bruto per cápita (PIB / cápita), la población y el cambio tecnológico [8].

Las industrias de alta y nueva tecnología son esenciales para lograr un desarrollo económico sostenible y mejorar la calidad

ambiental [16]. Las exportaciones de alta tecnología (específicamente tecnologías verdes, tecnologías no contaminantes o ecológicas) son de interés para algunos países, puesto que, mejoran la calidad del aire, del agua, del suelo y/o disminuyen los problemas relacionados con residuos y ruido. [4] señalan que el crecimiento económico sostenido requiere innovaciones de tecnología verde para promover la productividad del carbono, con la finalidad de mejorar el nivel de vida sin consecuencias perjudiciales para el calentamiento global. Los países más grandes exportan significativamente más (energía eólica y solar de alta tecnología), por ejemplo, la inversión extranjera directa estadounidense desempeña un papel positivo significativo en las exportaciones de equipos de alta tecnología para los países pobres [12].

La evolución de la eficiencia en tecnologías existentes conjuntamente con cambios en la estructura económica de producción ha permitido hacer un cambio en las actividades de producción ocasionando que disminuyan algunas medidas de la degradación ambiental. El ajuste de la estructura económica es importante para reducir el consumo de energía y las emisiones de CO₂, y en este proceso, la industria de alta tecnología juega un papel cada vez más importante [22].

Existen algunos estudios que determinan que la industria de alta tecnología es beneficiosa para reducir las emisiones de CO₂ [6]; [13]; [15]; [18]; [9]; [21]; [20]; [11], por tal motivo, hoy en día la industria de la alta tecnología se ha posicionado como una de las industrias estratégicas emergentes debido a su potencial para reducir el consumo de energía y las emisiones de CO₂ [20]. Ante este contexto positivo de una reducción significativa de la demanda de carbón altamente contaminante, se plantea que los gobiernos deberían ampliar la I + D de nuevas tecnologías, la formación de talentos de alta tecnología, promover la inversión verde, el desarrollo de una economía circular y el desarrollo sostenible.

Otras investigaciones han determinado que, si bien el progreso tecnológico en las industrias de alta y nueva tecnología conducen a una reducción de las emisiones de carbono en los países desarrollados, para el caso de los países en desarrollo estas emisiones aumentan [16]. También se han realizado estudios sobre la aplicación de la tecnología avanzada para convertir y usar el CO₂ y se han establecido algunas vías como: uso de CO₂ como medio para la recuperación de energía, transferencia de calor y solvente; conversión de CO₂ para síntesis de combustible a través de fuentes de energía renovables para el desarrollo sostenible y uso de CO₂ como materia prima para producir productos químicos y materiales de utilidad industrial [19].

En cuanto a la relación entre las emisiones de CO₂ y el PIB per cápita algunas investigaciones determinan que tiene forma de U invertida [5], una causalidad unidireccional [17] y una causalidad bidireccional a corto plazo [2]. Por otro lado, considerando la relación con los países de ingresos altos las emisiones de CO₂ per cápita se mantienen en un estado estable a medida que aumentan los ingresos [10].

Este estudio tiene como propósito determinar si existe una relación entre las exportaciones de productos de alta tecnología así como Producto Interno Bruto Per Cápita, en las emisiones

de dióxido de carbono (CO₂) realizando estimaciones con datos de panel (3 países, 10 años) con efectos fijos.

El resto de este artículo se estructura con las siguientes secciones. Sección 2 describe los datos utilizados en el análisis. La sección 3 presenta la metodología, en la sección 4 se expone los resultados y discusión. Finalmente las conclusiones y sugerencias de políticas se encuentran en la sección 5.

II. DESCRIPCIÓN DE DATOS

La investigación se desarrolla a partir de un panel de datos que considera los datos de los países de Ecuador, Colombia y Perú (2000 – 2020) con información del [1] y el [14], versión 9.1. El objetivo del estudio es identificar el efecto que tiene la exportación de productos de alta tecnología y el PIB per cápita en las emisiones de CO₂

Para esto las variables utilizadas fueron:

- Emisiones de CO₂ (Kilo toneladas - kt)
- Exportaciones de productos de alta tecnología (% de las exportaciones de productos manufacturados)
- PIB per cápita (US\$ a precios constantes de 2010)

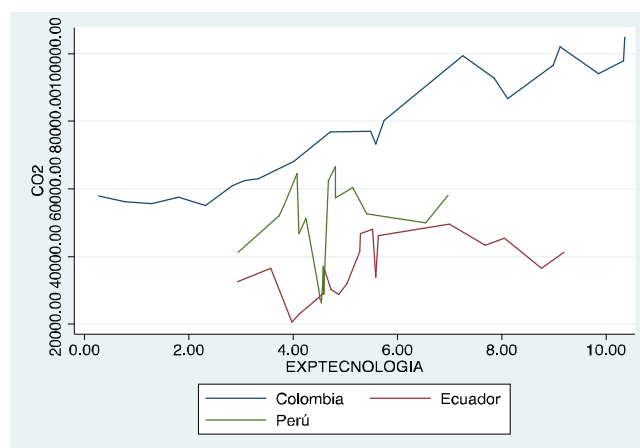


Figura 1. Relación entre Co2 y Exportación de alta tecnología

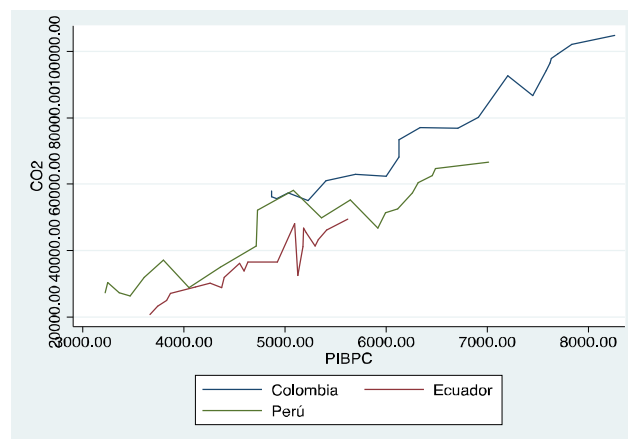


Figura 2. Relación entre Co2 y PIB per cápita

En la Fig. 1 y Fig. 2 se puede evidenciar la relación directa (esperada) entre las variables, aunque a lo largo del tiempo

podría haber un decrecimiento al estilo de la U invertida de Kuznets [7]

En la Tabla I se muestran los estadísticos descriptivos de las variables objeto de estudio,

TABLA I. DESCRIPTIVOS DE LOGARITMO DE EMISIONES DE CO₂, EXPORTACIONES DE PRODUCTOS DE ALTA TECNOLOGÍA Y PIB PER CÁPITA

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max
CO ₂	52 925,25	22 341,27	20 718,55	104 858,4
Exportación de alta tecnología	5,17	2,20	0,27	10,36
PIB per cápita	5 381,72	1 281,03	3 221,303	8 259,53

Dada las diferentes unidades de las variables, se puede ver como las medidas de tendencia central difieren entre sí, dado que las variables PIB per cápita y CO₂ se encuentran en niveles, para la estimación se procede a trabajar con sus respectivos logaritmos. Dentro de su descripción, el CO₂ mantiene una emisión media de 52 925,25 (kt), y estas emisiones se encuentran entre 20 718,55 (kt) y 75 266,52(kt) pero pueden existir máximos de 104 858(kt); las exportaciones medias de alta tecnología presentan un 5,17% de las exportaciones de productos manufacturados , pero esta puede variar entre un 2,97% y 7,37% , además que existen exportaciones mínimas que abarcan el 0,27% y máximas el 10.36%; el PIB per cápita mantiene una media de \$5 381,72 que puede estar entre \$4 100 y \$6662, también presentando como mínimo \$3 221,30 , hasta un máximo de \$8 259,53.

III. METODOLOGÍA

Para determinar los efectos dispuestos en el objetivo de la presente investigación, se realizan estimaciones con datos de panel (3 países, 10 años) con efectos aleatorios.

En primera instancia la estimación se realiza del total de los datos y, En tal sentido, se realizan estimaciones de los siguientes modelos:

$$\text{Log}(\text{CO}_{2it}) = w_i + \alpha_1 \text{Exportación de alta tecnología}_{it} + \alpha_2 \text{Exportación de alta tecnología}^2_{it} + u_{it} \quad (1)$$

$$\text{Log}(\text{CO}_{2it}) = w_i + \alpha_1 \text{PIB per cápita}_{it} + \alpha_2 \text{PIB per cápita}^2_{it} + u_{it} \quad (2)$$

$$\text{Log}(y_{it}) = w_i + \alpha_1 \text{Exportación de alta tecnología}_{it} + \alpha_2 \text{Exportación de alta tecnología}^2_{it} + \alpha_1 \text{PIB per cápita}_{it} + \alpha_2 \text{PIB per cápita}^2_{it} + u_{it} \quad (3)$$

donde: w_i es el término de la constante α_1 y α_2 son los coeficientes de las variables independientes utilizadas en cada modelo; y, u_{it} , representan el término de error, en cada una de las ecuaciones que anteceden, respectivamente.

IV DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La Tabla II muestra la relación de la variable dependiente y las variables explicativas:

TABLA II. ESTIMACIONES DEL LOGARITMO DE EMISIONES DE CO₂, EN FUNCIÓN DE EXPORTACIONES DE PRODUCTOS DE ALTA TECNOLOGÍA Y DEL LOGARITMO PIB PER CÁPITA

LOG CO ₂	(E1)	(E2)	(E3)
Detalle	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente
Exportación de alta tecnología	-0,0863** (0,0350)		-0,0498*** (0,0137)
Exportación de alta tecnología al cuadrado	0,0102*** (0,0030)		0,0036*** (0,0012)
LOG PIB per Cápita		-8,488 (5,189)	-12,3585*** (5,2720)
LOG PIB per cápita al cuadrado		1,362* (0,699)	1,8867*** (0,7130)
Constante	4,8078** (0,0962)	17,409* (9,627)	24,6780*** (9,7463)
within	0,1707	0,863	0,8305
between	0,6688	0,9842	0,9862
overall	0,2857	0,8679	0,8956

() errores estándar robustos. ***, ** y * expresan la significancia estadística al 1%, 5% y 10%, respectivamente.

En la primera regresión planteada (E1), se puede observar que, si las exportaciones de alta tecnología aumentan, el logaritmo de la emisión de CO₂ disminuirá 0,086. Por otro lado, si las exportaciones de alta tecnología al cuadrado aumentan, el logaritmo de las emisiones de CO₂ aumentan en 0.01012. La segunda regresión (E2) el coeficiente de PIB per cápita no es estadísticamente significativo, mientras que, Si el logaritmo del PIB per cápita al cuadrado aumentaría en una unidad, el logaritmo de las emisiones de CO₂ incrementaría en 1,32.

La tercera regresión (E3) en donde se tiene un panorama completo de todas las variables consideradas y en la cual se centra el análisis, se observa en primera instancia que todos los coeficientes son estadísticamente significativos, y que al igual que las estimaciones anteriores, si las exportaciones de alta tecnología aumentan el logaritmo de las emisiones de CO₂ disminuirá en 0.049, estos resultados coinciden con los encontrados por [6]; [13]; [15]; [18]; [9]; [21]; [20]; [11], y coinciden que el uso de alta tecnología es beneficiosa para reducir las emisiones de CO₂. Esta evidencia al igual que otros estudios explican porque hoy en día la industria de la alta tecnología se ha posicionado como una de las industrias estratégicas emergentes para reducir el consumo de energía y las emisiones de CO₂ [20].

Por otro lado cuando las exportaciones de alta tecnología se encuentran al cuadrado, los resultados indican que ante un incremento de una unidad, el logaritmo de las emisiones de CO₂ aumenta en 0,0036, este comportamiento está acorde con lo que concluye [16] el progreso tecnológico en las industrias de alta y nueva tecnología conducen a que las emisiones

aumenten en el caso de los países en desarrollo (los países que forman parte de esta investigación, forman parte de este grupo).

Por otro lado, si el logaritmo del PIB per cápita aumenta en una unidad, el logaritmo de las emisiones de CO₂ disminuirá en 12,75 y con el logaritmo el PIB per cápita al cuadrado al aumentar en una unidad, el logaritmo de las emisiones aumentará en 1,88, estos resultados muestran que la producción y el ingreso per cápita tienen costos medioambientales que no decrecen con el paso del tiempo.

V. CONCLUSIONES

Existe una relación a corto plazo indirecta, en todos los casos, entre las emisiones de CO₂ y la exportación de productos de alta tecnología. Para comprobar la curva medioambiental de Kuznets se considera la variable al cuadrado para ver su efecto en el tiempo, sin embargo como lo muestran los resultados, a largo plazo la relación se vuelve positiva indicando que con el tiempo las exportaciones de tecnología producen emisiones de CO₂.

Para el caso del logaritmo del PIB per Cápita, al elevarla al cuadrado se convierte en significativa y cambia de signo, pudiendo concluir que la producción y el ingreso per cápita tienen costos medioambientales que no decrecen con el paso del tiempo.

Los resultados muestran que para este modelo la curva de Kuznets no se cumple, siendo los resultados en forma de U en vez de U invertida para los países de estudio.

Para futuras investigaciones, es preciso analizar las diferencias entre cada uno de los países, para poder generar estrategias de política a escala local, sin embargo, la utilización del grupo de países es un pilar fundamental, para futuras investigaciones.

El uso eficiente de la tecnología avanzada, ha contrarrestado la degradación potencial del medio ambiente a largo plazo, por lo cual es importante que los gobiernos intenten crear políticas sustentables en cuanto a la producción de tecnología. Para generar bajas emisiones de carbono y un entorno sostenible deben trabajar de manera integrada los actores industriales, los proveedores de tecnología y los responsables de la formulación de políticas.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Técnica Particular de Loja, al Departamento de Economía y a la Carrera de Economía, quienes hacen posible estos trabajos de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Banco Mundial (2020). Obtenido de Indicadores: <https://datos.bancomundial.org/indicador?tab=all>
- [2] Cialani, C. (2017). CO₂ emissions, GDP and trade: a panel cointegration approach. *International Journal of*

Sustainable Development & World Ecology, 24(3), 193-204.

- [3] Chuang, S.P., Huang, S.J., 2018. The effect of environmental corporate social responsibility on environmental performance and business competitiveness: the mediation of green information technology capital. *J. Bus. Ethics* 150 (4), 991e1009.
- [4] Du, K., & Li, J. (2019). Towards a green world: How do green technology innovations affect total-factor carbon productivity. *Energy Policy*, 131, 240-250.
- [5] Du, K., Li, P., & Yan, Z. (2019). Do green technology innovations contribute to carbon dioxide emission reduction? Empirical evidence from patent data. *Technological Forecasting and Social Change*, 146, 297-303.
- [6] Kong, L., Hasanbeigi, A., Price, L., 2016. Assessment of emerging energy-efficiency technologies for the pulp and paper industry: a technical review. *J. Clean. Prod.* 122, 5e28.
- [7] Kuznets, P., Simon, P., 1955. Economic growth and income in-equality. *American Economic Review* 45, 1–28.
- [8] Lantz, V., & Feng, Q. (2006). Assessing income, population, and technology impacts on CO₂ emissions in Canada: where's the EKC?. *Ecological Economics*, 57(2), 229-238.
- [9] Lee, C. T., Hashim, H., Ho, C. S., Van Fan, Y., & Klemeš, J. J. (2017). Sustaining the low-carbon emission development in Asia and beyond: Sustainable energy, water, transportation and low-carbon emission technology. *Journal of Cleaner Production*, 146, 1-13.
- [10] Li, X., & Lin, B. (2013). Global convergence in per capita CO₂ emissions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 357-363.
- [11] McDowall, W., Rodriguez, B.S., Usubiaga, A., Fernandez, J.A., 2018. Is the optimal decarbonization pathway influenced by indirect emissions? Incorporating indirect life-cycle carbon dioxide emissions into a European TIMES model. *J. Clean. Prod.* 170, 260e268.
- [12] Sawhney, A., & Kahn, M. E. (2012). Understanding cross-national trends in high-tech renewable power equipment exports to the United States. *Energy Policy*, 46, 308-318.
- [13] Sgobbi, A., Simoes, S.G., Magagna, D., Nijs, W., 2016. Assessing the impacts of technology improvements on the deployment of marine energy in Europe with an energy system perspective. *Renew. Energy* 89, 515e525.
- [14] University of Groningen (2020). Groningen Growth and Development Centre. Obtenido de Penn World Table version 9.1: <https://www.rug.nl/ggdc/productivity/pwt/>
- [15] Velazquez-Martinez, J.C., Fransoo, J.C., Blanco, E.E., Valenzuela-Ocana, K.B., 2016. A new statistical method of assigning vehicles to delivery areas for CO₂ emissions reduction. *Transport.. Transport Eniron.* 43, 133e144.
- [16] Wang, S., Tang, Y., Du, Z., & Song, M. (2020). Export trade, embodied carbon emissions, and environmental

- pollution: An empirical analysis of China's high-and new-technology industries. *Journal of Environmental Management*, 276, 111371.
- [17] Wang, M. L., Wang, W., Du, S. Y., Li, C. F., & He, Z. (2020). Causal relationships between carbon dioxide emissions and economic factors: Evidence from China. *Sustainable Development*, 28(1), 73-82.
- [18] Wiebe, K. S. (2016). The impact of renewable energy diffusion on European consumption-based emissions. *Economic Systems Research*, 28(2), 133-150.
- [19] Wu, J., & Zhou, X. D. (2016). Catalytic conversion of CO₂ to value added fuels: Current status, challenges, and future directions. *Chinese Journal of Catalysis*, 37(7), 999-1015.
- [20] Xu, B., & Lin, B. (2018). Investigating the role of high-tech industry in reducing China's CO₂ emissions: A regional perspective. *Journal of Cleaner Production*, 177, 169-177.
- [21] Zaman, K., & Abd-el Moemen, M. (2017). The influence of electricity production, permanent cropland, high technology exports, and health expenditures on air pollution in Latin America and the Caribbean Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 1004-1010
- [22] Zhang, C. S., & Xu, C. (2016). The effects of technology import on high-tech industrial structure upgrading in China. *Journal of Research in Business, Economics and Management*, 5(2), 551-558.

Copyright of CISTI (Iberian Conference on Information Systems & Technologies / Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação) Proceedings is the property of Conferencia Iberica de Sistemas Tecnologia de Informacao and its content may not be copied or emailed to multiple sites or posted to a listserv without the copyright holder's express written permission. However, users may print, download, or email articles for individual use.