

EL IMPACTO DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN EL CRECIMIENTO ECONÓMICO: UN ANÁLISIS CON DATOS DE PANEL

KAREN ANTONELLA TAMBINI VALENZUELA

<https://orcid.org/0000-0001-8456-6746>

Zest Capital, Área de Inversiones, Lima, Perú

antonellatambini@zest.pe

VANESSA ANDREA VERGARA OLIVERA

<https://orcid.org/0000-0002-5066-3211>

Intelica Consulting, Área de Negocios, Lima, Perú

vanessa.vergara@intelica.com

Recibido: 31 de enero del 2023 / Aceptado: 11 de junio del 2023

doi: <https://doi.org/10.26439/ddee2024.n04.6247>

RESUMEN. El presente estudio analiza el rol del consumo de energía desagregado en el crecimiento de las economías industrializadas con mayor consumo de energía, las cuales representan el 60 % del consumo mundial. Los resultados, tras la estimación con errores estándar corregidos para panel, apuntan a una relación positiva y significativa entre cuatro tipos de energía (petróleo, carbón, gas natural y energía renovable) y el crecimiento del PBI. El consumo de petróleo genera el efecto de mayor magnitud en el crecimiento económico, mientras que la energía renovable tendría el menor impacto. Frente a ello, se recomienda ser prudentes con respecto a políticas conservacionistas que podrían afectar negativamente el crecimiento económico, pero se sugiere el cambio paulatino en la matriz energética hacia fuentes menos contaminantes como la energía renovable. Este estudio proporciona evidencia empírica del rol del consumo de energía en el crecimiento de las economías industrializadas y su impacto diferencial según el tipo de energía.

PALABRAS CLAVE: consumo de energía renovable / matriz de energía / crecimiento económico / datos de panel / modelo de efectos fijos

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/)).

THE IMPACT OF ENERGY CONSUMPTION ON ECONOMIC GROWTH: A PANEL DATA ANALYSIS

ABSTRACT. This study analyzes the role of disaggregated energy consumption in the economic growth of industrialized economies with the highest energy consumption, which account for 60 % of the global energy consumption. The results obtained through the estimation with Panel-Corrected Standard Errors indicate a positive and significant relationship between four types of energy (oil, coal, natural gas, and renewable energy) and GDP growth. Oil consumption generates the largest effect on economic growth, while renewable energy has the smallest impact. It is recommended to be cautious regarding conservationist policies that could negatively affect economic growth, but a gradual shift towards less polluting sources of energy such as renewable energy is suggested. This study provides empirical evidence of the role of energy consumption in the economic growth of industrialized economies and its differential impact according to the type of energy.

KEYWORDS: renewable energy consumption / energy matrix / economic growth / panel data / fixed-effects model

Códigos JEL: O13, Q43.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día el mundo vive las consecuencias del descontrol de emisiones de gas invernadero, provenientes principalmente de la combustión del carbón y petróleo. Es por ello que cada vez más países optan por modificar su matriz energética, con el fin de reducir el impacto ambiental que generan sus procesos. Por otro lado, estudios económicos señalan que el uso de la energía tradicional se correlaciona de forma positiva con el crecimiento económico; es por ello de vital importancia determinar si las fuentes de energía más limpias tienen el mismo impacto en la economía de los países.

En el 2015 la Organización de las Naciones Unidas (ONU) estableció una agenda global en la que uno de sus puntos clave es reducir las emisiones de carbono, cuyos principales causantes son los combustibles fósiles. Este plan va de acuerdo con lo que señalan Newell et al. (2019): el petróleo y el carbón tendrán una participación reducida como fuentes de energía para el año 2040 y serán reemplazados por otras como el gas natural y la energía renovable, e incluso existe la posibilidad de que esta última se convierta en la principal fuente de energía primaria global. De acuerdo con Energy Information Administration (2019), la energía renovable se proyecta como la fuente de más rápido crecimiento y se posiciona como la principal fuente de consumo de energía primaria para el año 2050.

En ese contexto, debido a sus implicancias para el crecimiento económico, el tópico de la energía se ha vuelto más relevante en los espacios de deliberación política y económica, como los foros del G-20. Este grupo incluye a los países responsables del 85 % de la producción mundial, por lo cual es de interés estudiar el nexo entre el consumo de energía y el crecimiento económico en los mismos. En esta ocasión, se considera a Alemania, Canadá, China, Corea del Sur, Estados Unidos, Gran Bretaña, India y Japón, ya que son las economías con mayor consumo de energía a nivel mundial.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Existen distintas posturas con relación al consumo de energía y el crecimiento económico, entre las cuales se encuentran las hipótesis del crecimiento, de neutralidad y de causalidad negativa.

2.1 Hipótesis del crecimiento

La primera hipótesis que se desarrollará es la que establece una relación entre crecimiento y uso de energía eléctrica. Squalli (2007) explica que el consumo de energía es un componente importante en el crecimiento económico; en este caso se espera que la energía juegue un rol principal para alcanzar progreso económico, social y tecnológico, tanto de forma directa como indirecta. Esta visión la establece como un complemento del trabajo y capital en el proceso de producción. Asimismo, Omri (2014) señala la existencia

de una relación causal unidireccional entre el consumo de energía y el crecimiento económico, y concluye que la energía es un factor limitante de este último. Por lo tanto, los *shocks* en la oferta de energía afectarán de manera negativa al crecimiento. Por otro lado, Payne (2010) indica que las implicancias de esta hipótesis para la aplicación de medidas son que las políticas conservadoras en materia energética tendrían un impacto negativo en la economía.

En apoyo a esta hipótesis, Wolde-Rufael (2010) determinó una causalidad unidireccional entre el consumo de carbón y el crecimiento económico en India y Japón. De manera similar, Ziramba (2015) encontró que el consumo de petróleo tiene un efecto positivo para el crecimiento económico de países de África del Sur. En lo que respecta a los países del Consejo de Cooperación para los Estados Árabes del Golfo, Ozturk y Al-Mulali (2015) concluyen que el consumo de gas natural afecta de manera positiva al crecimiento económico. De igual forma, Inglesi-Lotz (2016) halló que la influencia del consumo de energía renovable sobre el crecimiento económico es positiva y estadísticamente significativa. Can y Krasteva (2017) observaron que existe una relación unidireccional entre el consumo de energía renovable y el crecimiento económico en el caso de Bulgaria. Por otro lado, Hassan et al. (2017) determinaron que el consumo de gas natural tiene un impacto positivo y significativo sobre el crecimiento económico para Pakistán. En el caso de los países del BRICS (Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica), Sasana y Ghazali (2017) encontraron que el consumo de carbón posee un efecto positivo. De manera similar, Gozgor et al. (2018) encontraron que el consumo de energía renovable está asociado positivamente con una tasa de crecimiento económico más alta en países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD). Asimismo, Olarinde y Adeniran (2018) hallaron una relación positiva significativa a corto y largo plazo entre el consumo de petróleo y el PBI para el caso de Nigeria. Igualmente, Zhi-Guo et al. (2018) observaron que existe una causalidad unidireccional entre el consumo de gas natural y el crecimiento económico para China. Finalmente, Lahiani et al. (2019) determinaron que existe una relación causal unidireccional entre el consumo de petróleo y el crecimiento económico para los cuantiles más pequeños de Estados Unidos.

2.2 Hipótesis de la neutralidad

En segunda instancia, tenemos la llamada *hipótesis de la neutralidad*, planteada por Yu y Choi (1985), quienes establecen que el uso de energía no tiene un impacto significativo en la economía. En esa línea, Squalli (2007) señala que el rol de la energía puede ser mínimo o neutral, por lo cual no debería afectar el crecimiento de una economía ya que la proporción que representa en el PBI no es de gran consideración. Asimismo, Payne (2010) hace énfasis en que el consumo de energía es un componente muy pequeño o de poca significancia para el PBI, por lo que las políticas de conservación de la energía o no expansivas no tendrían un efecto negativo en la producción.

En relación con esta hipótesis, Behname (2011) no encontró una relación causal de largo plazo entre el consumo de carbón y el crecimiento económico en Egipto, Irán, Pakistán y Turquía. Asimismo, Menegaki (2011) llevó a cabo un estudio en países europeos y determinó que no hay evidencia de causalidad entre el consumo de energía renovable y el crecimiento económico. Por otro lado, en el caso de China, Liu (2018) halló que no existe una relación significativa entre el consumo de petróleo y el crecimiento económico a corto plazo. Menegaki (2018) comprobó que no existe una relación causal entre consumo de energía y crecimiento económico en Bangladesh. Además, Zhi-Guo et al. (2018) encontraron que no existe causalidad unidireccional entre el consumo de gas natural y el crecimiento económico en Japón y Corea del Sur. Finalmente, Lahiani et al. (2019) hallaron que no existe una relación entre el consumo del petróleo y el crecimiento económico para los cuantiles mayores de Estados Unidos.

2.3 Hipótesis de causalidad negativa

Existe también la posibilidad de una relación negativa entre el consumo de energía y el crecimiento económico. Squalli (2007) señala que las teorías sobre la relación entre la energía y el crecimiento generalmente se han basado en una causalidad positiva; sin embargo, también existen aquellas que afirman una causalidad negativa, es decir, que un aumento en el consumo de energía podría conducir a un menor crecimiento económico. Payne (2010) indica que existen distintas interpretaciones para este tipo de resultados, por ejemplo, situaciones donde una economía requiere disminuir la cantidad de energía consumida, ya que la producción se desplaza a sectores que requieren una menor intensidad de energía. Otra opción es que este impacto negativo se deba al consumo de energía excesivo en sectores de baja productividad, con límites de capacidad o ineficiencia en la oferta de energía.

Varios estudios han proporcionado evidencia empírica a este respecto. Marques y Fuinhas (2012) respaldan la idea de que el efecto del consumo de energía renovable sobre el crecimiento económico es negativo en el caso de Europa. Además, Sasana y Ghazali (2017) analizaron el caso de los países del BRICS y encontraron que el consumo de energía renovable tiene un efecto negativo, aunque no estadísticamente significativo. Por otro lado, Jin y Kim (2018) llegaron a la conclusión de que el impacto a largo plazo del consumo de carbón sobre el crecimiento económico es negativo para el grupo de países que no pertenecen a la OECD.

3. METODOLOGÍA

La presente investigación tiene el objetivo de estudiar el impacto de las distintas fuentes de energía sobre el crecimiento económico.

Para este fin, se estimará una regresión de datos de panel. Este tipo de modelo es adecuado, debido a que permite realizar un estudio acerca de la variabilidad de distintas unidades de análisis a lo largo de tiempo, es decir, combina la dimensión temporal y espacial. Asimismo, los datos de panel permiten disponer de un mayor número de observaciones, con lo cual se incrementan los grados de libertad y, a su vez, se captura la heterogeneidad no observable para los distintos individuos.

En evidencia de la literatura existente, este estudio modela la relación entre el consumo de energía y el crecimiento económico utilizando como marco de referencia una función de producción Cobb-Douglas:

$$Y_t = f(K_t, L_t, E_t)$$

Donde Y_t representa el ingreso real y E_t indica varios tipos de consumo de energía (carbón, petróleo, gas natural y energía renovable). Como variables de control se utilizan K_t y L_t , representando al capital físico y al trabajo respectivamente.

De esta manera, la estructura del modelo viene dada por:

$$g_gdp_{it} = \beta_1 g_coal_{it} + \beta_2 g_gas_{it} + \beta_3 g_oil_{it} + \beta_4 g_renew_{it} + \beta_5 g_capital_{it} + \beta_6 g_labor_{it} + \alpha_i + \varepsilon_{it}$$

donde

- g_gdp es la tasa de crecimiento del producto bruto interno en porcentaje.
- g_coal es la tasa de crecimiento del consumo de carbón en porcentaje.
- g_gas es la tasa de crecimiento del consumo de gas en porcentaje.
- g_oil es la tasa de crecimiento del consumo de petróleo en porcentaje.
- g_renew es la tasa de crecimiento del consumo de la energía renovable en porcentaje.
- $g_capital$ es la tasa de crecimiento de la formación fija de acumulación de capital en porcentaje.
- g_labor es la tasa de crecimiento de población económicamente activa en porcentaje.
- g_alpha_i es el término individual.
- $g_epsilon_{it}$ es el término idiosincrático.

Para poder definir si el modelo se manejará por efectos fijos o efectos aleatorios, se empleará el test de Hausman (1978), en el cual, si la hipótesis nula es rechazada,

convendría la utilización de un modelo de efectos fijos; en su defecto, convendrá el uso de un modelo con efectos aleatorios.

Posteriormente, se realizarán tres pruebas para asegurar la fiabilidad del modelo. En primer lugar, se aplicará la prueba de autocorrelación de Wooldridge (2002), el test modificado de Wald para heterocedasticidad agrupada (Greene, 2000) y, por último, la prueba de Breusch y Pagan (1980) de correlación contemporánea.

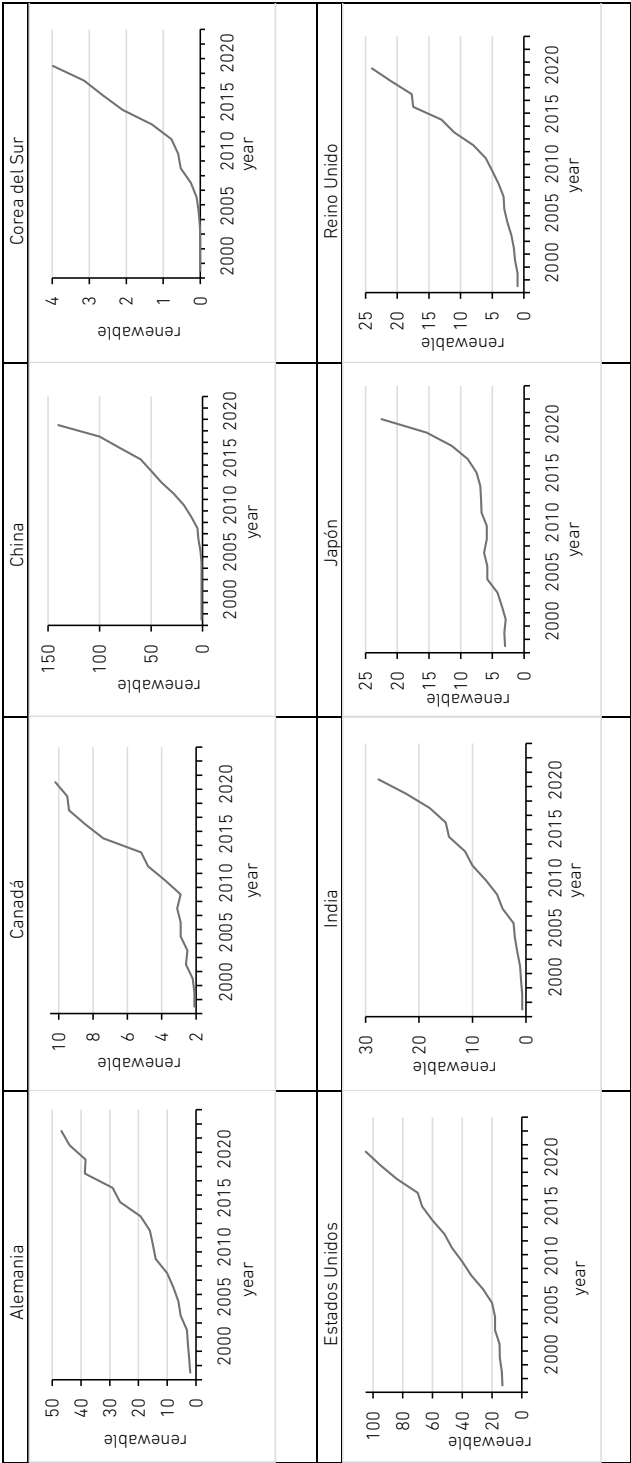
Para la corrección de problemas tales como correlación contemporánea, heterocedasticidad o autocorrelación, se empleará el método de errores estándar corregidos para panel (PCSE), ya que, al realizar un análisis de Montecarlo, se demuestra que este modelo tiene un desempeño correcto (Beck & Katz, 1995).

Este estudio analiza economías del G-20, ya que representan el 85 % del producto bruto mundial, 80 % del consumo de energía global y emiten más del 80 % de las emisiones del CO₂ por la combustión de energía. Específicamente se analiza a Alemania, Canadá, China, Corea del Sur, Estados Unidos, Gran Bretaña, India y Japón, pues se trata de las economías industrializadas con mayor consumo de energía al representar cerca del 60 % del consumo mundial de energía primaria.

El periodo estudiado comprende de 1998 al 2018, con el fin de evitar usar una distribución de panel desbalanceada, puesto que ciertos países tienen data recién a partir del año 1998. Se eligió una distribución de panel balanceada para lograr una comparación más adecuada en los resultados.

Asimismo, estos países presentan una tendencia positiva en el consumo de energía renovable en la última década, como se observa en la Figura 1, por lo que es de interés analizar el impacto del uso de este tipo de energía versus el impacto de otras fuentes en el crecimiento económico.

Figura 1
Tendencia del consumo de energía renovable, 1998-2018 (en mtoe)



Respecto de las variables, se utiliza el producto bruto interno (PBI) como la variable endógena, expresada en dólares a precios constantes del 2010, la cual se obtuvo de la base de datos de los indicadores de desarrollo del Banco Mundial. Las variables exógenas que explican el consumo de energía utilizadas en este estudio son el consumo de carbón, de gas natural, de petróleo y de energía renovable. Estas variables se obtuvieron del Reporte Estadístico de la Energía Mundial de British Petroleum (BP p. l. c.), expresadas en megatoneladas equivalentes de petróleo (mtoe). Por último, el dato de la población económicamente activa, que corresponde a miles de personas, se obtuvo de la base de datos de los indicadores de desarrollo del Banco Mundial, mientras que la formación fija de acumulación de capital, expresada en dólares americanos a precios constantes del 2010, se obtuvo de la base de datos de la OECD. Todas estas variables se expresan como tasas de crecimiento tomando la primera diferencia de sus logaritmos naturales.

RESULTADOS

A continuación, se estimará la naturaleza de los efectos del modelo por medio del test de Hausman.

Tabla 1
Test de Hausman

	Coefficients			
	(b)	(B)	(b-B)	sqrt (diag (V_b- V_B))
	Fixedl	Randoml	Difference	S.E.
g_coal	0,0400	0,0448	-0,0048	0,0000
g_gas	0,0891	0,1097	-0,0205	0,0000
g_oil	0,1054	0,2365	-0,1310	0,0000
g_renew	0,0165	0,0377	-0,0212	0,0015
g_capital	0,1915	0,2171	-0,0256	0,0000
g_labor	0,2517	0,3474	-0,0957	0,0732
b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg				
B = inconsistent under Ha; efficient under Ho; obtained from xtreg				
Test: Ho: difference in coefficients not systematic				
$\text{chi2 (6)} = (b - B)' [(V_b - V_B)^{-1}] (b - B)$				
= 45,64				
Prob > chi2 = 0,0000				
(V_b - V_B is not positive definite)				

En este caso, la hipótesis nula se rechaza; es decir, la diferencia entre los coeficientes de efectos aleatorios y fijos sí es sistemática. Por lo tanto, conviene usar el método de efectos fijos.

A continuación, se procederá a diagnosticar si el modelo sufre de problemas de correlación contemporánea, heterocedasticidad y autocorrelación.

Tabla 2
Test de autocorrelación de Wooldridge

Ho: no first order autocorrelation	
$F(1,7) =$	7,484
$\text{Prob} > F =$	0,0291

El test de autocorrelación de Wooldridge nos indica que, a un nivel de significancia de 5 %, se rechaza la hipótesis nula de la no existencia de autocorrelación de primer orden; es decir, el modelo presenta el problema de autocorrelación de primer orden.

Tabla 3
Test modificado de Wald para la heterocedasticidad agrupada

Ho $\sigma^2(i) = \sigma^2$ for all i	
$\chi^2(8) =$	151,88
$\text{Prob} > \chi^2 =$	0,0000

La prueba de Wald nos indica que se rechaza la hipótesis nula de varianza constante; es decir, el modelo presenta el problema de heterocedasticidad, por lo que es necesario corregir el problema detectado.

Tabla 4
Prueba de Breusch y Pagan

Correlation matrix of residuals							
	__e1	__e2	__e3	__e4	__e5	__e6	e7__ __e8
__e1	1,0000						
__e2	-0,0844	1,0000					
__e3	0,2611	0,5556	1,0000				
__e4	0,1002	-0,0383	-0,1259	1,0000			

(continúa)

(continuación)

Correlation matrix of residuals								
	__e1	__e2	__e3	__e4	__e5	__e6	e7__	__e8
__e5	-0,011	0,0344	0,2121	-0,0175	1,0000			
__e6	0,4579	0,339	0,4717	-0,0448	0,0806	1,0000		
__e7	0,4716	0,1378	0,3739	0,1394	-0,1881	0,5274	1,0000	
__e8	0,3879	-0,0176	0,0108	-0,0464	0,2865	0,5311	0,3471	1,0000
Breusch-Pagan LM test of independence: chi2 (28) = 44,941, Pr = 0,0224								
Based on 19 complete observations								

Para identificar si existe correlación entre errores en el mismo periodo, se utilizó la prueba de Breusch y Pagan. El *p-value* del estadístico X^2 indica que podemos rechazar la H_0 ; por lo tanto, es necesario corregir el problema de correlación contemporánea.

Los problemas de autocorrelación, heterocedasticidad y correlación contemporánea presentes en el modelo pueden solucionarse conjuntamente con errores estándar corregidos para panel (PCSE), los cuales se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5*Estimación con errores estándar corregidos para panel*

Prais-Winsten regression, correlated panels corrected standard errors (PCSEs)						
Group variable:	country			Number of obs	=	152
Time variable:	year			Number of groups	=	8
Panels:	correlated (balanced)			Obs per group:		
Autocorrelation:	common AR(1)			min	=	19
				avg	=	19
				max	=	19
Estimated covariances	=	36		R-squared	=	0.8280
Estimated autocorrelations	=	1		Wald $\chi^2(13)$	=	1068.29
Estimated coefficients	=	14		Prob > χ^2	=	0.0000

Panel-corrected						
g_gdp	Coef.	Std. Err.	z	P > z	[95% Conf. Interval]	
g_coal	0.0370791	0.0134304	2.76	0.006	0.0107559	0.0634022
g_gas	0.0888751	0.0196131	4.53	0.000	0.0504342	0.127316
g_oil	0.10151	0.35416	2.87	0.004	0.0320959	0.170924
g_renew	0.0175588	0.0086545	2.03	0.042	0.0005962	0.035213
g_capital	0.1955621	0.0236672	8.26	0.000	0.1491753	0.2419489
g_labor	0.245722	0.1952918	1.26	0.208	-0.1370428	0.6284869

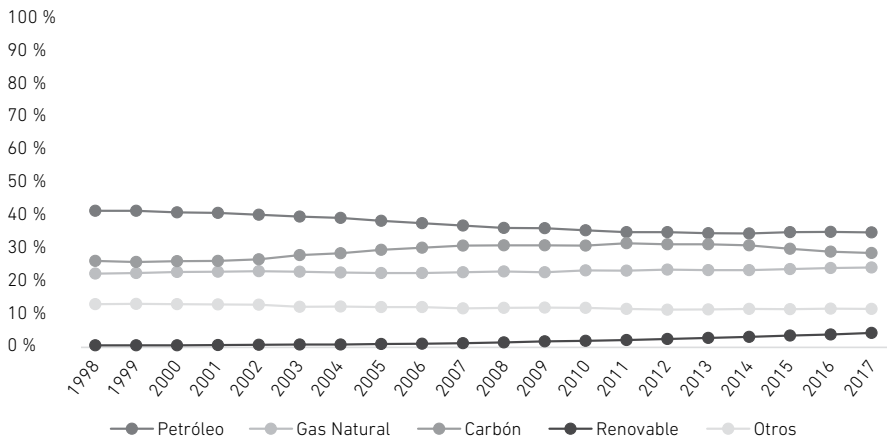
Se encontró que todas las variables explicativas son significativas al 5 %, salvo la tasa de crecimiento de la fuerza laboral. Esto sugiere que las fuentes de energía

consideradas y el capital son determinantes del crecimiento económico, mientras que el crecimiento de la PEA no sería una variable relevante en este caso.

En relación con la tasa de crecimiento del consumo del petróleo, esta variable tiene el mayor impacto positivo en el crecimiento económico, lo cual apoya a la hipótesis de crecimiento. Si la tasa de crecimiento de consumo del petróleo aumenta en 1 %, entonces el crecimiento económico se incrementará en 0,1 %. Es posible atribuir esto a la mayor participación que tiene este tipo de energía, la cual representa entre el 30 % y 40 % del consumo de energía total mundial, como se evidencia en la Figura 2. Estos resultados son consistentes con lo hallado en los estudios de Ziramba (2015) para países de África del Sur; Olarinde y Adeniran (2018) para Nigeria; y Lahiani et al. (2019) para Estados Unidos.

Figura 2

Participación de fuentes de energía en el consumo de energía total mundial (en porcentajes)



Nota: Elaboración propia con datos de British Petroleum (BP p. l. c.).

De igual manera, el consumo del carbón es favorable a la hipótesis de crecimiento: se encuentra que, ante un aumento de 1 %, el crecimiento económico se incrementará en 0,04 %. Sin embargo, el impacto de esta variable en el crecimiento económico es menor al del petróleo y del gas natural, a pesar de tener una participación mayor en el consumo de energía mundial. El consumo de carbón tiene una tendencia proyectada decreciente, lo cual puede atribuirse a su menor contribución al crecimiento de la producción, al ser reemplazado por fuentes de energía más eficientes. Estos resultados concuerdan con lo que indican Wolde-Rufael (2010) para India y Japón, y Sasana y Ghazali (2017) para países del BRICS.

Con relación a la tasa de crecimiento del consumo del gas, esta variable tiene un impacto positivo y significativo en el crecimiento económico. Este tipo de energía se posiciona como la segunda fuente de energía determinante de este crecimiento, lo cual es consistente con el patrón de consumo de energía actual. Ante un aumento en 1 %, la tasa de crecimiento del PBI aumentará en 0,09 %, esto siendo solo 0,01 % menor al aporte del petróleo. Este resultado favorece a la hipótesis del crecimiento, la cual está en línea con los resultados de Ozturk y Mulali (2015) para los Estados árabes del Golfo, Hassan et al. (2017) para Pakistán, Zhi-Guo et al. (2018) para China y Austria, y Fadiran et al. (2019) para Bulgaria y Suiza.

Asimismo, se halla que la tasa de crecimiento del consumo de energía renovable tiene un impacto significativo en el crecimiento económico. Cuando la tasa de consumo de esta energía aumenta en 1 %, la tasa de crecimiento del PBI aumentará en 0,018 %. Este resultado es consistente con la hipótesis del crecimiento, la cual está en línea con los resultados de Can y Krasteva (2017) para el caso de Bulgaria; y Gozgor et al. (2018) para los países de la OECD. Además, es la fuente de energía con menor impacto en el crecimiento económico, ya que su uso recién se está difundiendo en los últimos años.

Los resultados obtenidos en este estudio apoyan a la hipótesis de crecimiento para las cuatro fuentes de energía consideradas, lo cual implica que la aplicación de políticas conservacionistas podría afectar al crecimiento económico. Sin embargo, se considera que es posible transferir el consumo de energía gradualmente a fuentes menos contaminantes, como la energía renovable, en lugar del petróleo o el carbón, como se observa en las tendencias de consumo actuales. Este cambio debería realizarse de manera progresiva para minimizar los costos relacionados al uso de fuentes con un efecto positivo de menor magnitud sobre el PBI.

5. CONCLUSIONES

En la presente investigación se analizó la relación entre el consumo de petróleo, gas natural, carbón y energía renovable, incluyendo al capital y al trabajo como variables de control, y el crecimiento del PBI como la variable dependiente, por medio de una estimación con errores estándar corregidos de panel (PCSE). Se seleccionaron los siguientes países del G20: Alemania, Canadá, China, Corea del Sur, Estados Unidos, India, Japón y Reino Unido. Estos países, al ser economías industrializadas, representan cerca del 60 % del consumo de energía mundial.

Los resultados demuestran una relación positiva y estadísticamente significativa entre los cuatro tipos de energía y el crecimiento del PBI, lo cual se corresponde con la hipótesis del crecimiento. Al respecto, se halló evidencia de que el consumo de petróleo genera el impacto de mayor magnitud entre todas las fuentes de energía,

mientras que el consumo de energía renovable tiene el menor efecto sobre el crecimiento económico.

Por ello, la aplicación de políticas conservacionistas sobre el uso de energía genera un impacto negativo en el crecimiento económico; es decir, disminuye el consumo de energía, especialmente de fuentes de energía fósiles, y esto merma el crecimiento. Sin embargo, economías desarrolladas, como las consideradas en la muestra, al poseer niveles altos de PBI per cápita, pueden pagar este costo con miras a implementar modelos de desarrollo económico sostenible. Por esta razón, se considera que las economías podrían beneficiarse de una modificación en la estructura de su matriz energética, ya que el consumo tanto de energías fósiles (petróleo, carbón, gas) como renovables afecta positivamente al PBI. Si bien es factible optar por fuentes de energía que generan un menor impacto en el ambiente, como la energía renovable, es recomendable que la transferencia de consumo de energía a fuentes menos contaminantes se realice paulatinamente. Asimismo, se debe mencionar que las condiciones actuales en estos países pueden variar, por lo que no se descarta que el avance de la tecnología permita que la energía renovable sea la principal y más eficiente fuente de energía en el futuro.

Créditos de autoría

Karen Antonella Tambini Valenzuela: conceptualización, metodología, análisis de datos, investigación, redacción; preparación del primer borrador, redacción; revisión y edición.

Vanessa Andrea Vergara Olivera: conceptualización, validación, análisis de datos, investigación, redacción; preparación del primer borrador, redacción; revisión y edición.

REFERENCIAS

- Beck, N., & Katz, J. (1995). What to do (and not to do) with time-series cross-section data. *The American Political Science Review*, 89(3), 634-647. <https://doi.org/10.2307/2082979>
- Behname, M. (2011). Studying the relationship between coal consumption and economic growth in the Greater Middle East. *Society of Interdisciplinary Business Research (SIBR) 2011 Conference on Interdisciplinary Business Research*.
- Breusch, T., & Pagan, A. (1980). The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *The Review of Economic Studies*, 47(1), 239-253. <https://doi.org/10.2307/2297111>
- Can, H., & Krasteva, G. (2017). Assessment of relations between renewable energy and economic growth in Bulgaria-VAR analysis. *New Knowledge Journal of Science*, 6(3), 51-61. <https://doi.org/10.3390/su10082626>

- Energy Information Administration. (2019). *International energy outlook 2019 with projections to 2050*. <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/ieo2019.pdf>
- Fadiran, G., Adebuseyi, A., & Fadiran, D. (2019). Natural gas consumption and economic growth: evidence from selected natural gas vehicle markets in Europe. *Energy*, 169, 467-477. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.12.040>
- Greene, W. (2000). *Econometric Analysis*. Pearson.
- Gozgor, G., Lau, C., & Lu, Z. (2018). Energy consumption and economic growth: new evidence from the OECD countries. *Energy*, 153, 27-34. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.03.158>
- Hassan, M. S., Tahir, M. N., Wajid, A., Mahmood, H., & Farooq, A. (2017). Natural gas consumption and economic growth in Pakistan: production function approach. *Global Business Review*, 19(2), 297-310. <https://doi.org/10.1177/0972150917713533>
- Hausman, J. (1978). Specification tests in econometrics. *Econometrica*, 46(6), 1251-1271. <https://doi.org/10.2307/1913827>
- Inglesi-Lotz, R. (2016). The impact of renewable energy consumption to economic growth: A panel data application. *Energy Economics*, 53, 58-63. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.01.003>
- Jin, T., & Kim, J. (2018). Coal consumption and economic growth: panel cointegration and causality evidence from OECD and non-OECD countries. *Sustainability*, 10(3), 660-674. <https://doi.org/10.3390/su10030660>
- Lahiani, A., Benkraiem, R., Miloudi, A., & Shahbaz, M. (2019). New evidence on the relationship between crude oil consumption and economic growth in the US: a quantile causality and cointegration approach. *Journal of Quantitative Economics*, 17(2), 397-420. <https://doi.org/10.1007/s40953-018-0147-2>
- Liu, X. (2018). Aggregate and disaggregate analysis on energy consumption and economic growth nexus in China. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(26), 26512-26526. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2699-2>
- Marques, A. C., & Fuinhas, J. A. (2012). Is renewable energy effective in promoting growth? *Energy Policy*, 46, 434-442. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.04.006>
- Menegaki, A. N. (2011). Growth and renewable energy in Europe: a random effect model with evidence for neutrality hypothesis. *Energy Economics*, 33(2), 257-263.
- Menegaki, A. (2018). *The economics and econometrics of the energy-growth nexus*. Academic Press.

- Newell, R., Raimi, D., & Aldana, G. (2019). *Global energy outlook 2019: the next generation of energy* (Report 19-06).
- Olarinde, O., & Adeniran, A. (2018). Addressing the energy consumption-economic growth nexus: The Nigerian case. *Journal of Sustainable Development Law and Policy*, 9(2), 84-100. <https://doi.org/10.4314/jsdlp.v9i2.6>
- Omri, A. (2014). An international literature survey on energy-economic growth nexus: Evidence from country-specific studies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, 951-959. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.084>
- Ozturk, I., & Al-Mulali, U. (2015). Natural gas consumption and economic growth nexus: panel data analysis for GCC countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 998-1003. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.005>
- Payne, J. (2010). Survey of the international evidence on the causal relationship between energy consumption and growth. *Journal of Economic Studies*, 37(1), 53-95. <https://doi.org/10.1108/01443581011012261>
- Sasana, H., & Ghazali, I. (2017). The impact of fossil and renewable energy consumption on the economic growth in Brazil, Russia, India, China and South Africa. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(3), 194-200. <https://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/4926>
- Squalli, J. (2007). Electricity consumption and economic growth: Bounds and causality analyses of OPEC members. *Energy Economics*, 29(6), 1192-1205. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2006.10.001>
- Wolde-Rufael, Y. (2010). Coal consumption and economic growth revisited. *Applied Energy*, 87(1), 160-167. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.05.001>
- Wooldridge, J. (2002). *Econometric analysis of cross section and panel data*. The MIT Press.
- Yu, E., & Choi, J. (1985). The causal relationship between energy and GNP: an international comparison. *The Journal of Energy and Development*, 10(2), 249-272. <https://www.jstor.org/stable/24807818>
- Zhi-Guo, L., Cheng, H., & Dong-Ming, W. (2018). Empirical research on the relationship between natural gas consumption and economic growth in the Northeast Asia. *Energy & Environment*, 29(2), 216-231. <https://www.jstor.org/stable/26960216>
- Ziramba, E. (2015). Causal dynamics between oil consumption and economic growth in South Africa. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 10(3), 250-256. <https://doi.org/10.1080/15567249.2010.540626>